

Zur Kenntnis des Schwarzbraunen Kiefernblattkäfers

(*Luperus pinicola* ; C. Duftschmied)

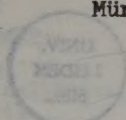
(Coleoptera ; Chrysomelidae)

Eduard Hiller

1975

Zur Kenntnis des Schwarzbraunen Kiefernblattkäfers
(*Luperus pinicola*; C. Duftschmied)
(Coleoptera; Chrysomelidae)

Inaugural Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereiches Forstwissenschaft
der Ludwig - Maximilian Universität
München



vorgelegt von

Eduard Hiller

München 1975



Tag der mündlichen Prüfung:	23.7.1975
Dekan:	Prof. Dr. W. Kroth
Berichterstatter:	Prof. Dr. W. Schwenke
	Prof. Dr. M. Renner

<u>Inhaltsübersicht</u>	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
2. <u>Literaturgeschichtlicher Überblick</u>	2
3. <u>Systematik</u>	4
4. <u>Verbreitung und Vorkommen</u>	5
5. <u>Morphologie</u>	7
5.1 <u>Imago</u>	7
5.11 <u>Habitus</u>	7
5.12 <u>Caput, Thorax, Abdomen, Extremitäten, Flügel</u>	10
5.121 <u>Caput und Antennen</u>	10
5.122 <u>Thorax und Abdomen</u>	15
5.123 <u>Extremitäten und Flügel</u>	18
5.13 <u>Genitalorgane</u>	21
5.131 <u>Männliche Genitalorgane</u>	21
5.132 <u>Weibliche Genitalorgane</u>	22
5.2 <u>Ei</u>	25
5.3 <u>Larve</u>	26
5.31 <u>Beborstung (Bestimmung)</u>	26
5.32 <u>Larvenstadien</u>	30
5.33 <u>Beine, Antennen, Mandibeln</u>	31
5.4 <u>Puppe</u>	33
6. <u>Biologie</u>	37
6.1 <u>Imago</u>	37
6.11 <u>Imaginalhäutung</u>	37
6.12 <u>Motorik</u>	37
6.13 <u>Nahrungsaufnahme</u>	39
6.14 <u>Fraßbilder und Fraßfolgen</u>	41
6.15 <u>Nahrungsaufnahme und Fraßabhängigkeit von der Bonität</u>	44
6.16 <u>Fortpflanzungstätigkeit</u>	48
6.161 <u>Reifung der Genitalorgane, Partnersuche, Copula.</u>	48
6.162 <u>Eiablage, Eizahl</u>	51
6.2 <u>Larve</u>	54
6.21 <u>Vorkommen</u>	55
6.22 <u>Fortbewegung</u>	55
6.23 <u>Ernährung</u>	55
6.24 <u>Apparenz der Stadien im Freiland</u>	57
6.25 <u>Latenz</u>	58
6.3 <u>Puppe</u>	60
6.4 <u>Gesamtbiologie (Übersicht)</u>	66
7. <u>Ökologie</u>	68
7.1 <u>Entwicklung - Temperatur (Feuchtigkeit)</u>	68
7.2 <u>Larvenentwicklung - Temperatur (Feuchtigkeit)</u>	70
7.21 <u>Aktivitätsstufen der Larve</u>	73

7.3	<u>Puppenentwicklung - Temperatur (Feuchtigkeit)</u>	74
7.4	Imaginaldauer - Temperatur (Feuchtigkeit)	76
7.41	Imaginaldauer - Nahrungsqualität und Quantität	77
7.42	Nahrungsaufnahme, Kopulation - Temperatur	78
7.43	Eiablage - Temperatur (Feuchtigkeit)	79
7.44	Aktivitätsstufen der Imago	80
8.	<u>Populationsökologie</u>	82
8.1	Generationen	82
8.2	Dispersion im Bestand	82
8.21	Ei und Larve	82
8.22	Imagines	82
8.3	Geschlechterverhältnis	83
8.4	Vermehrungsfähigkeit	83
8.5	Umweltwiderstände und deren Abundanzbeeinflussung	83
8.51	Imagines	83
8.52	Larve	84
8.53	Puppe	85
8.54	Ei	85
8.55	Abundanzänderung während der Beobachtungsjahre	86
8.56	Zusammenfassung	86
9.	<u>Bekämpfung</u>	87
10.	<u>Zusammenfassung</u>	89
	Literatur	92

1.

EINLEITUNG

Die nördlich von München gelegenen Kiefernkulturen Oberschleißheim's, die von Angehörigen des Instituts für angewandte Zoologie, München, seit vielen Jahren regelmäßig zur Nahrungsbeschaffung für Laborzuchten aufgesucht werden, weisen den alljährlich konstanten, mehr oder minder starken Befall des Schwarzbraunen Kiefernblattkäfers, *Luperus pinicola* Duftsch. auf.

Wie aus der Literatur sowie den wiederholten Anfragen bayrischer Forstämter hervorgeht, können die von diesem Blattkäfer an jungen Kiefern verursachten Schäden beträchtlich sein.

Dies, sowie die Tatsache, daß der Schädling bisher noch weitgehend unbekannt ist (Ei, Larve und Puppe waren bisher völlig unbekannt), gaben Anlaß zu der vorliegenden Arbeit, in der einige wesentliche Merkmale der Morphologie und Entwicklung sowie Daten der Biologie, Ökologie und Populationsdynamik näher untersucht wurden.

Ich danke dem Leiter des Instituts für angewandte Zoologie, München, Herrn Prof. Dr. W. Schwenke für die Überlassung des Themas, die Stellung des Arbeitsplatzes und die Betreuung.

Für mannigfache Beratung zu Dank verpflichtet bin ich ebenfalls Herrn Priv. Doz. Dr. M. Postner, Herrn Dr. N. Mallach und Herrn Dr. U. Skatulla.

Bei der Anfertigung der kolorierten Zeichnungen unterstützte mich in technischer Hinsicht teilweise Herr Klaus Wenzel, Grafiker, Ismaning.

2. LITERATUR ÜBERBLICK

1758 schrieb LINNE über eine noch namenlose Coleopterenart: "Chrysomela. Cylindrica testacea, elytris pallidioribus, pedibus concoloribus, antennis fuscis. Habitat in Pino."

Es handelt sich hierbei um den Schwarzbraunen Kiefernblattkäfer, der im Jahre 1797 abermals von ANDERSCH angeführt wird, seinen heute gültigen wissenschaftlichen Namen, *Luperus pinicola*, aber erst 1825 von DUFTSCHMIED erhielt.

Bereits 4 Jahre später, 1829, wurde das Insekt von THIERSCH als Kiefernscbädling in die Deutsche Forstschutz-Literatur eingeführt: "... als *Luperus pinicola* darf ich diesen Käfer, nachdem was er hier im Gebirge bereits verübt hat, und weil er seine Nahrung ausschließlich auf Nadelhölzern sucht und hier der jungen Kiefer scbädlich wird, in die Zahl der forstscbädlichen Insekten einführen."

THIERSCH machte zugleich einige, allerdings zum Teil unrichtige Angaben über die Biologie und das Scbadbild, wobei er letzteres mit dem Fraß von Kieferntriebwicklern verwechselte.

RATZEBURG klärte 1837 die Verwechslung mit dem Wicklerfraß auf und sprach die Vermutung aus, daß die Larven von *Luperus pinicola* nicht in den Knospen von Kieferntrieben leben.

1857 berichtete WILLKOMM vom Befall in einer "üppig gewachsenen", etwa 10jährigen Kiefern-pflanzung. Außer dem von THIERSCH bereits genannten Scbadbild an der Basthaut beschrieb WILLKOMM auch den Fraß an der Kiefern-nadel.

Auf HÄNSCHEL (1861) gehen irr-tümliche Angaben über die Apparenz der Imagines zurück. Seine Beschreibung der Farbunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Käfern übertraf jedoch jene der meisten Bestimmungsbücher an Genauigkeit.

1874 gab TASCHENBURG in seiner Forstwirtschaftlichen Insektenkunde die Empfehlung, den Käfer der sich bei warmen Wetter bei geringer Beunruhigung von der Fraßpflanze fallenlasse, an "trüben, rauhen Tagen" in den Schirm zu klopfen.

Von ALTUM (1874) stammt eine ziemlich genaue Beschreibung des Habitus der Imagines.

1880 veröffentlichte DANKELMANN die von NÖRDLINGER bereits 1859 gemachte Beobachtung des Auftretens von *L. pinicola* an der Weymuthskiefer.

Zur selben Zeit beschreibt ELIAS (1880) einen Befall an 12 - 17jährigen Kiefern auf Boden 4. Klasse. Dabei fiel ihm eine Verschonung der besserwüchsigen Pflanzen im gleichen Bestande auf.

ECKSTEIN (1893) vermittelte Abbildungen des Schadens in einer Naturtreue wie sie in späteren Veröffentlichungen nicht mehr erreicht wurde.

ESCHERICH (1923) stützte seine Darstellung von *L. pinicola* auf die Berichterstatte des 19. und 20. Jahrhunderts, ohne eigene Erkenntnisse hinzuzufügen.

Die bisher umfassendste Behandlung des Schädlings findet sich bei VIETINGHOFF-RIESCH (1925) welcher auch über die Mechanik des Fraßes, die Fraßmenge, das Putzverhalten sowie einige Feinde berichtete.

Das, in der Literatur in jüngerer Zeit Erschienene wird in dieser Arbeit an treffender Stelle noch Erwähnung finden.

3.

SYSTEMATIK

Die systematische Zugehörigkeit des Schwarzbraunen Kiefernblattkäfers, *Luperus pinicola* (Duft.), zur Familie der Blattkäfer, Chrysomelidae, wurde bereits von LINNÉ (1758) erkannt.

Eine Änderung hat die Stellung der Käferart jedoch innerhalb der Familie erfahren.

LINNÉ, der die Blattkäfer in die zwei großen Gattungen Chrysomela und Cassida, zusammenfasste, stellte *Luperus pinicola* zur ersteren, die heute zur Unterfamilie Chrysomelinae geworden ist und *L. pinicola* nicht mehr enthält. Auf diese ursprüngliche Einordnung LINNÉ's geht die in älterer Literatur bis hinauf zu RATZEBURG (1866) auftauchende Bezeichnung *Chrysomela pinicola* zurück.

Als Synonyme tauchten *Galeruca pinicola* (GEOFFROY, 1762) sowie *Adimonia pinicola* (LEICHARTIG, 1781) auf.

Seine bis heute gültige, systematische Einordnung und Benennung erhielt der Käfer von DUFTSCHMIED (1825), der ihn in die auf GEOFFROY(1764) zurückgehende Gattung *Luperus* einordnete.

Mit der Gesamtsystematik der Chrysomeliden in deutscher Literatur befaßte sich als erster WEISE (1893), der die Blattkäfer in 4 große "Abteilungen": Eupoda, Camtosomata, Cyclica und Cryptostoma unterteilte, wobei er *L. pinicola* auf Grund der Kopfstellung und Mandibelmerkmale zu den Cyclica stellte. Die bei WEISE den Cyclica zugeordnete "Unterabteilung" der *Galeruca*e erhob REITTER(1912) zur eigenen Unterfamilie *Galerucinae*, der er die Gattung *Luperus* unterordnete.

Diese systematische Gliederung wird auch von FREUDE, HARDE und LOHSE (1966) übernommen.

Die deutsche Bezeichnung "Schwarzbrauner Kiefernblattkäfer" bezieht sich auf die Familienzugehörigkeit. Der auf das Fraßbild bezogene, nur von THIERSCH (1830) gebrauchte Name "Kiefernadelkäfer" setzte sich nicht durch.

4. VERBREITUNG UND VORKOMMEN

Eine knappe Zusammenfassung der, in der Fachliteratur genannten Befallsgebiete gaben JUDEICH und NITSCHKE (1895). Nach ihnen zu schließen, hätte sich der Befall zu jener Zeit hauptsächlich auf Gebiete des nördlichen und östlichen Deutschlands konzentriert, was aber bei der Größe des heute bekannten Verbreitungsgebietes kaum anzunehmen ist. Der Käfer scheint damals noch wenig Beachtung gefunden zu haben, denn bei eben genannten Autoren ist zu lesen: "Kiefernbeschädigende Blattkäfer gibt es wenige und ihre Bedeutung ist eine Untergeordnete."

Das heute bekannte Verbreitungsgebiet reicht von Nordeuropa (Lapland, Finnland; KANGAS 1958) bis zum südlichen Mitteleuropa (Gebirgslagen der Balkanländer; MEISNER 1974).

Im Westen und Nordwesten Europas scheint *L. pinicola*, wahrscheinlich durch den Einfluß zu feucht-maritimen Klimas weniger häufig zu sein.

Über Deutschland, Österreich und die Tschechoslowakei bis hinein in die USSR, wo er als typische "Geißel" von Kiefernauforstungen auftritt (ROZHKOV 1966), ist er jedoch allgemein verbreitet.

In Österreich dringt er bis in subalpine Höhenlage vor (HORION 1951). Von mir selbst wurde die Art in den Alpen nur innerhalb des Waldgürtels gefunden und auch dort ausgesprochen selten.

Innerhalb des Verbreitungsgebietes werden als Orte stärkeren Auftretens in der Regel solche mit unzureichenden Niederschlagsmengen und somit nicht standortsgemäßen, schlechtwüchsigen Kiefernbeständen genannt, wie z.B. trockene Heiden Südfinnlands (KANGAS 1958), Flugsandgebiete Österreichs (SCHIMITSCHEK 1962), oder in Deutschland die Oberrheinische Tiefebene (durchschnittlicher Jahresniederschlag geringer als 650 mm: LÜDGE 1968)

Demgegenüber konnte ich auch wiederholt stärkeren Befall an gesunden, gutwüchsigen Kiefernauforstungen wie z.B. bei Freising (Oberbayern) beobachten.

Regelmäßig, wenn auch in geringer Dichte wurde der Schädlings auch in ausgesprochen feuchten Gebieten mit reichlichen

Niederschlägen, wie dem Pinzenauer Filz (Landkreis Miesbach; Mal-
lach 1970 - 1973, mündlich) oder dem Kirchsee- Filz (Landkreis
Bad Tölz, eigene Beobachtungen) gefunden.

Das für diese Arbeit verwendete Käfermaterial entstammte
fast ausschließlich den Kiefernaufforstungen Oberschleißheims
(2. - 3. Bonität).

5. MORPHOLOGIE

5.1 Imaginalmorphologie

5.11 Habitus

Habitus-Bilder - wenn auch oft ungenaue- der Imagines von *Luperus pinicola* finden sich in zahlreichen taxonomischen und forstzoologischen Werken. Im folgenden sei insbesondere auf die Geschlechterdifferenzierung etwas näher eingegangen.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen den Habitus der weiblichen und männlichen Imago von *Luperus pinicola*.

Von je 100 männlichen und weiblichen Käfern (gemessen vom Caput bis zum Pygidium, Vergrößerung 12 x) betrug die mittlere Länge der Weibchen 4,6 mm ($S = 0,4$ mm; max. 5,8mm; min. 3,9mm), die Länge der Männchen 3,8mm ($S = 0,3$ mm; max. 4,9mm; min. 3,0mm).

Die etwas stärkere Standardabweichung und deren Verschiebung innerhalb des gesamten Größenspektrums nach links, (siehe Abb.1) die bei den Weibchen auftritt, mag sich durch die von Tier zu Tier unterschiedlich weit fortgeschrittene Eireife und damit verbundene verschiedene Größe der Abdomina erklären.

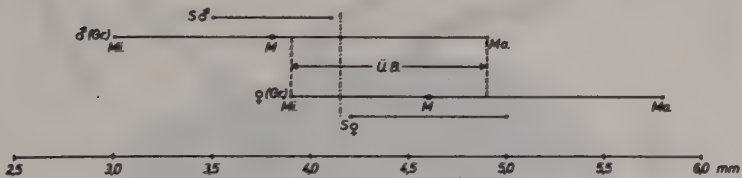


Abb.1: Größ enverhältnisse zwischen den beiden Geschlechtern

Gr = Größenbereich der Männchen bzw. Weibchen;

Mi/Ma = Minimal- bzw. Maximalgrößen;

S = Standardabweichung der Größen vom Mittelwert (M)

ÜB = Überlappungsbereich der Größen (tritt nicht innerhalb der Standardabweichung auf)



Abb. 3: *Luperus pinicola*, männl. Imago



Abb. 4: *Luperus pinicola*, weibl. Imago

Die in der Literatur genannten Angaben zur Größe, (leider nicht nach Geschlecht unterschieden), betragen bei REITTER (1912) 2,8 - 4,5 mm, bei FREUDE, HARDE, LOHSE (1966) 3 - 4 mm; sie sind also mit den oben angegebenen Maßen kaum in Einklang zu bringen.

Die Männchen sind somit im allgemeinen kleiner als die Weibchen.

Ein weiterer äußerer Geschlechtsunterschied betrifft die Färbung des Halsschildes, dessen Dorsalseite bei der Mehrzahl der Männchen (über 80%) schwarz mit lackartigem Glanze ist. Dagegen hat der Halsschild der Weibchen bei mehr als 90 % eine rotbraune, ebenfalls lackglänzende Färbung.

Die einzige Literaturangabe, welche auf die soeben genannte Geschlechterdifferentierung der Käfer bezüglich ihrer Größe und Farbe hinweist, stammt von HENSCHEL (1861): "Bei den 'stets größeren' Weibchen sind die Flügeldecken bläulichschwarz, das Halsschild rötlichgelb; bei den Männchen ist auch letzteres bläulichschwarz."

Standortsbedingte Farbunterschiede wie sie teilweise bei anderen Insekten auftreten, konnten bei *L. pinicola* nicht beobachtet werden.

5.12 Caput, Thorax, Abdomen, Extremitäten, Flügel

5.121 Caput und Antennen

Die Abbildungen 4, 5 und 6 zeigen die Dorsal- Ventral- und Lateralansicht des Caput.

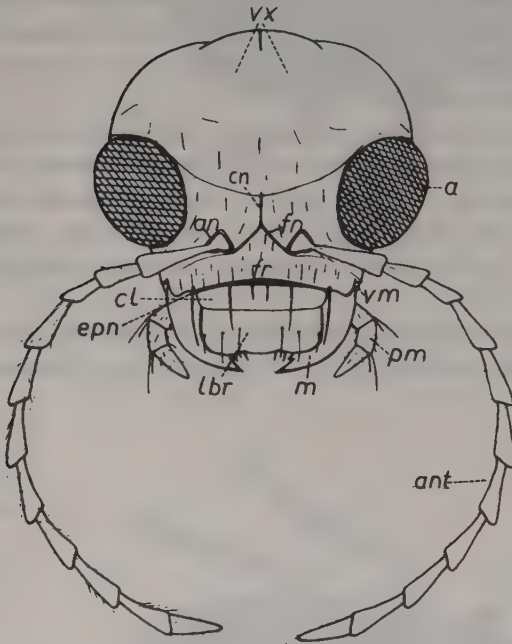


Abb. 4: Dorsalansicht des Caput

a = Auge; an = Antennalnaht; ant = Antenne; cl = Clypeus; cn = Coronalnaht; epn = Epistomalnaht; fn = Frontalnaht; fr = Frons; lbr = Labrum; m = Mandibel; pm = 1. Maxille (Palpus maxillaris); vm = vorderes Mandibलगelenk; vx = Vertex;

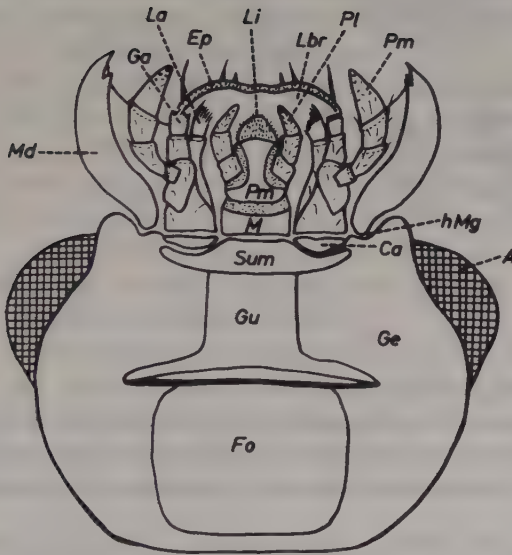


Abb. 5: Ventralansicht des Caput

A = Auge; Ca = Cardo; Ep = Epipharynx; Fo = Foramen occipitale; Ga = Galea; Ge = Genae; Gu = Gula; HMG = hinteres Mandibelgelenk; La = Lacinia; Lbr = Labrum; Li = Ligula; Md = Mandibel; M = Mentum; Pl = Palpus labialis; Pn = Palpus maxillaris; Pm = Postmentum; Sum = Submentum;

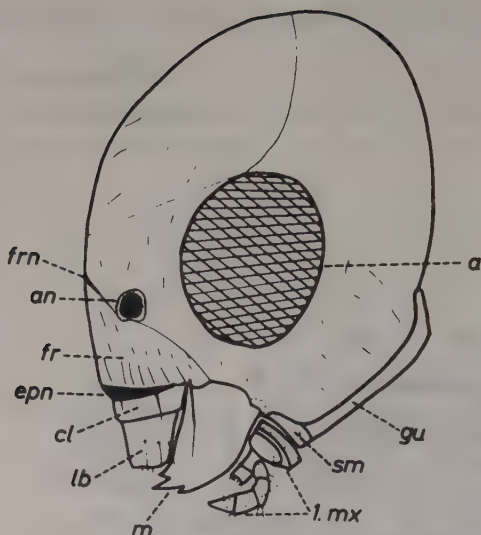


Abb. 6: Lateralansicht des Caput

a = Auge; an = Antennalnaht; cl = Clypeus; epn = Epistomalnaht; fr = Frons; frn = Frontalnaht; gu = Gula; lb = Labrum; m = Mandibel; 1. mx = 1. Maxille; sm = Submentum;

Die von FREUDE, HARDE, LOHSE (1966) aus älteren Bestimmungsbüchern übernommene Angabe, wonach die Männchen längere Antennen als die Weibchen hätten, konnte nicht bestätigt werden. Vielmehr erwies sich die absolute Fühlerlänge bei den männlichen Käfern um 7 - 12 % kleiner als bei den Weibchen. Da erstere aber meist kleiner sind, beträgt bei ihnen das durchschnittliche Verhältnis der Fühler- zur Körperlänge 75-80% : 1, bei den Weibchen dagegen nur 65-70% : 1. Die Antennen erscheinen daher bei oberflächlicher Betrachtung, im Verhältnis zur Körperlänge gesehen, bei den Männchen größer zu sein.

Die sehr zarten, dem fadenförmigen Antennentypus zugehörigen Fühler sind 11gliedrig und inserieren mit proximal keulenförmig verdicktem Basalglied (Scapus) auf der Stirn zwischen den re-

lativ großen, reich facettierten Augen. Die beiden kürzesten Fühlerglieder, das Wendeglied (2. Fühlerglied, Pedicellus) und das 1. Geißelglied sind etwa gleich lang. Die ersten 4 Antennenglieder, also Basalglied, Wendeglied, sowie 1. und 2. Geißelglied sind von orange- bis hellbräunlicher, die restlichen 7 Geißelglieder von dunkelbrauner bis schwarzer Färbung.

Sämtliche Glieder der männlichen wie weiblichen Antenne sind sehr dicht mit echten Haaren (Setae; WEBER 1938) vom Typus der Sensilla trichodea bedeckt. Grubensinneshaare (Leydigsche Kegel) wie sie bei den verwandten Bockkäfern (Cerambyciden) beobachtet wurden (Schmidt 1960) sind nicht vorhanden.

Die ebenfalls reichlich mit echten Haaren versehene, bis zu den Augen in den Halsschild einziehbare Kopfkapsel weist eine für Coleopteren relativ stark ausgeprägte Epistomalnaht auf. An ihren beiden sich verjüngenden Enden, wie auf ihr selbst, sitzen insgesamt sechs Sinnesborsten (Sensilla chaetica). Ebenfalls sechs Sinnesborsten zeigt die Dorsalseite des ebenfalls stark chitinierten Labriums, an dessen dreifach ausgebuchtetem Vorderrand sich 2 Paare kleiner Sinneshaare befinden.

Im Zentrum der Vorderansicht des Kopfes liegt die Coronalnaht, die sich gleichschenkelig in die beiden Frontalnähte aufteilt. Das obere Ende der Coronalnaht ist der Ansatzpunkt einer, nur bei stark mazerierten Exemplaren noch schwach erkennbaren, ringförmigen Naht, welche den Vertex von der Schläfe trennt.

Die Mundgliedmaßen sind kauend. Die gleichgroßen, mit starken Adduktorsehnen versehenen, kräftigen Mandibeln tangieren in der Ruhelage mit dem Vorderrand des Labriums, im geöffneten Zustand reichen sie darüber hinaus. Die Molares befinden sich in paarweise gleicher Stellung zu den, die Spitzen der Mandibeln darstellenden Incisivi. (Abb. 7)

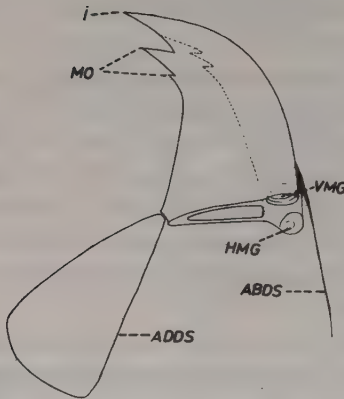
Die ersten Maxillen sitzen ihrem Basalglied (Cardo) in abgewinkelter Stellung auf, so daß dieses nur schwach sichtbar ist. Der viergliedrige, an einem breitem Tasterträger (Palpifer stipitalis) inserierende Kieferntaster (Palpus maxillaris) weist eine, nur bis zum oberen Drittel des konischen Endgliedes reichende Behaarung auf.

Die mit einer kurzen Beborstung versehene, halbkreisförmig

hohle Außenlade (Galea) überlappt, in nach innen gebeugtem Zustand, teilweise die langbeborstete Innenlade (Lacinia) (Abb. 8)

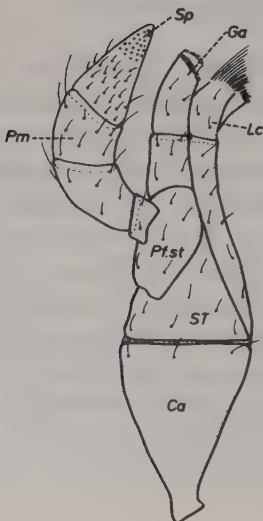
Das Labium (2. Maxillen) endet in einem sehr fein behaartem Zünglein (Ligula), einer Reduktionsform, der bei vielen Insekten auftretenden, der Innen- bzw. Außenlade der 1. Maxillen entsprechenden Glossa bzw. Paraglossa (Abb. 5).

Abb.7: Mandibel der Imago



ABDS = Abduktorsehne;
 ADDS = Adduktorsehne;
 HMG = hinteres Mandibelgelenk;
 VMG = vorderes Mandibelgelenk;
 MO = Molares;
 I = Incisivi;

Abb.8: 1. Maxille



Ca = Cardo;
 Ga = Galea;
 Lc = Lacinia;
 Pfst = Palpiver stipitalis;
 Pm = Palpus maxillaris;
 St = Stipes;
 Sp = Sinnesplatten;

5.122 Thorax und Abdomen

Auf der Unterseite des Prothorax ist aufgrund der Verschmelzung von Episternum und Epimerum, zu einer kompakten Chitinwand die Notopleuralnaht nicht mehr vorhanden (vollständige Kryptopleurie) (Abb. 9).

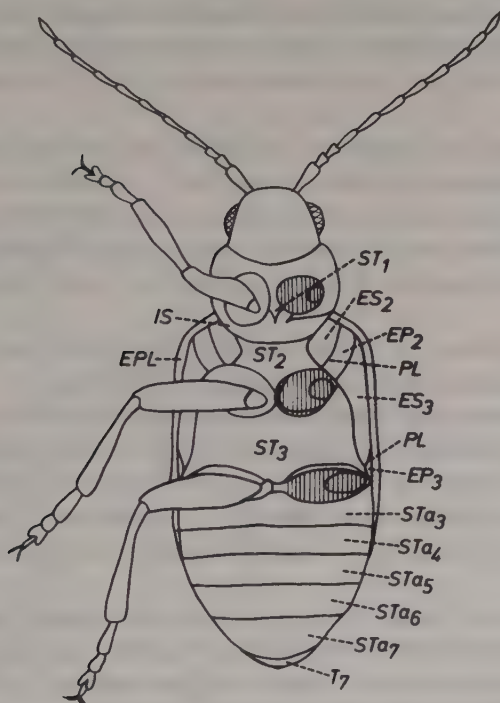


Abb. 9: Ventralansicht

ES_{2/3} = Episternum des Meso- Metathorax;
 EP_{2/3} = Epimerum des Meso- Metathorax;
 EPL_{2/3} = Epipleuren; IS = Intersegmentalmembran; PL = Pleuralnaht; ST_{1/2/3} = Sternit des Pro- Meso- Metathorax;
 STa_{3/4/5/6/7} = 3. - 7. Abdominalsternit;
 T₇ = 7. Tergit (Weibchen);

Zwischen den beiden runden Hüftgelenksgruben der Vorderbrust steht das, zu einem schmalen Kamm reduzierte Prosterneum (ST_1). Es wird von den beiden eben erwähnten Chitinwänden seitlich nicht berührt. Der Prothorax ist daher ventral, proximal nicht geschlossen und wird als "offen" bezeichnet; auf der Innenseite besitzt er eine gut ausgebildete Furca, Ansatzstelle der Beinmuskulatur.

Mit dem Mesothorax ist der Prothorax durch eine Intersegmentalmembran beweglich verbunden. Der dadurch entstehende freie Raum gibt den Coxen der Vorderbeine gute Beweglichkeit.

Die in etwa gleichgroßen Pleuren (Episternum und Epimerum) des Mesothorax sind durch eine Pleuralnaht deutlich voneinander getrennt.

Dorsal tritt der Mesothorax nur durch das kleine, zwischen den Elytren liegende Schildchen (Scutellum) in Erscheinung. Der Metathorax weist ein, sich seitlich weit in den Mesothorax hineinziehendes Episternum auf, an welches sich ein sehr kleines bis zu den länglichen Coxalgruben der Hinterhüften reichendes Epimerum anschließt.

Das Metasternum ist ventral mächtig ausgebildet und erscheint durch zwei nach außen tretende Wölbungen panzerartig.

Lateral werden die Pleuren des Meso- und Metathorax durch die sich distal verjüngenden Epipleuren der Alae leicht überlappt.

Das sich dorsal aus 9 Tergiten und ventral aus 8 Sterniten zusammensetzende Abdomen zeigt äußerlich sichtbar nur 7 Tergite - jedes lateral mit einem Paar Stigmen versehen - und 5 Sternite. Siehe Abb. 10.

Das 8. und 9. Tergit sowie das 8. Sternit liegen, bei sich in Ruhelage befindenden Genitalorganen, innerhalb des Pygidiums, sodaß das Abdomen ventral mit dem 3. Sternit beginnt, in welchem sich tiefe, die Hinterhüften aufnehmende Ausbuchtungen befinden. Das 3. und 7. Sternit sowie das, den Genitoanalraum einschließende 7. Sternit und 7. Tergit (Pygidium und Subgenitalplatte) sind breiter als die übrigen Abdominalsklerite.

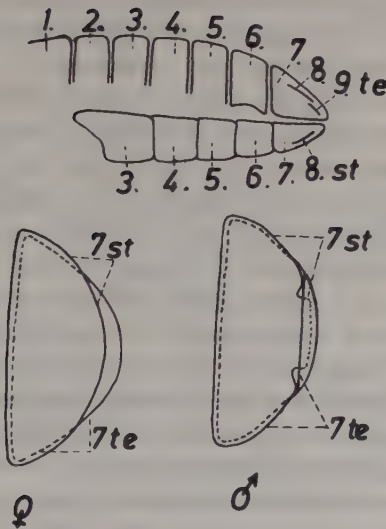
Das Sterneum ist behaart und stark chitiniert; die einzelnen Sklerite greifen dachziegelartig übereinander. Die Chitinisierung des durch die Elytren geschützten Tergums verstärkt sich distal. Während das 1. Tergit, von der die übrigen Tergite mitei-

nander verbindenden, dünnen Intersegmentalmembran noch kaum zu unterscheiden ist, weist das 7. Tergit, welches bei legereifen Weibchen unter den Elytren hervorschaut, eine dem 7. Sternit an Stärke identische Chitinisierung auf.

Das Pygidium besitzt eine beim Männchen und Weibchen verschiedenen ausgebildete Öffnung. (Abb. 10). Beim Männchen zeigt das 7. Sternit eine breite mediane Ausbuchtung, der das 7. Tergit bei eingezogenem Aedoeagus kappenartig aufsitzt. Beim Weibchen besteht die Abdominalöffnung aus einer einfachen querliegenden Spalte, wobei der Außenrand des 7. Tergits über den des 7. Sternits etwas hinausragt.

Abb. 10: Männl. und weibl. Genitoanalraum.

te = Tergit;
st = Sternit;



5.123 Extremitäten und Flügel

Die homonom gestalteten, auf ihrer ganzen Länge behaarten Beine, zeigen eine deutliche Gliederung in $Coxae$, Trochanter, Femur, Tibia und Tarsen. Ihre äußere Erscheinungsform ist aus Abb. 2, 3 und 9 gut ersichtlich, sodaß eine nochmalige Abbildung unterbleiben kann und eine Beschreibung genügen möge.

Typenmäßig stehen sie zwischen Schreit- und Kletterbein; ersterem sind sie durch den auf ebener Fläche ausgeführtem Sohlengang (Käfer tritt hierbei mit den Sohlen sämtlicher Tarsen auf), zweiterem durch die hohe Bewegungsfähigkeit der Schienen und Tarsen zugeordnet; diese werden jedoch in der Ruhelage, oder der sehr selten und nur kurz auftretenden Akinese nicht nach innen umgeklappt und angelegt; Schienen- oder Tarsenrinnen fehlen daher.

Die Hüften der Vorder- und Mittelbeine sind von kugelförmiger Gestalt und in den Hüftgruben frei beweglich. Die Hüften der Hinterbeine sind länglich und mit ihren Gruben starr verbunden.

Distal geht die schwarze Farbe der Schenkel in ein Schwarzbraun über. Schiene und 1. Tarsenglied sind hellbraun, 2. und 3. Tarsenglied sowie der Praetarsus sind wieder dunkelbraun bis schwarz. Das 1. Tarsenglied ist länger als die Übrigen, das 4. Tarsenglied ist reduziert und basal auch in Rudimenten nicht mehr in der herzförmigen Aussparung des 3. Tarsengliedes erkennbar. Der Praetarsus, distal mit einem Paar an der Basis miteinander verwachsener Krallen (Unguines) versehen, sitzt dem 3. Tarsenglied dorsal mit einem Kugelgelenk frei beweglich auf. Sämtliche Tarsenglieder weisen auf ihrer Unterseite eine sehr dichte, pelzartig erscheinende Behaarung (tubulare Haare, Hafthaare) auf, welche es dem Insekt erlaubt, sehr behende an einer Fensterscheibe hochzuklettern.

Ein die Haftwirkung verstärkendes Arolium oder Pulvillen fehlen.

Bezüglich der Haftwirkung der Tarsen bestehen verschiedene Theorien. Sehr intensiv mit diesem Problem befaßte sich MALLACH (1973).

Motorisch dient das 1. Beinpaar dem Zug, das 2. und 3. Beinpaar dem Schub.

Abb. 14 zeigt den rechten Flügel, der in etwa die Körperlänge der Imago besitzt.

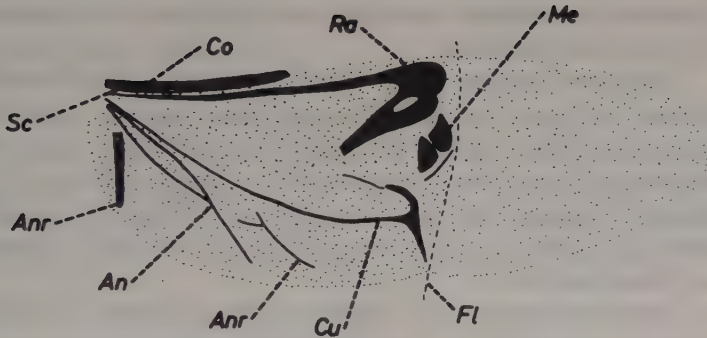


Abb. 11: Flügel (Alae)

An = Analader; Anr = Analadernrest; Co = Costa;
Cu = Cubitus; Fl = Faltlinie; Me = Rest der Media;
Sc = Subcosta;

Obere und untere Flügelepidermis, die sich beim Mazerieren (10 % Kalilauge) leicht voneinander lösen, sind zu einem transparentem, randlosem, mit einer feinen hellbraunen Punktierung versehenem, äußerst zartem Gebilde verschmolzen.

Der distale, in der Abbildung durch die gestrichelte Linie abgetrennte Flügelteil wird in der Ruhelage basalwärts, mehrmals in sich selbst gefaltet, eingeschlagen; die Flugelspitze befindet sich nun proximal zum Körper. Beide Alae werden in der Ruhelage von den Elytren völlig bedeckt.

Ein Sexualdimorphismus tritt, was die Flügelausbildung anbelangt, nicht auf.

Zum Flügelgeäder schreibt bereits WEISE (1893):" Übrigens...

findet man in der Stärke und dem Verlaufe der Adern bei den einzelnen Chrysomeliden-Gruppen mannigfaltige Unterschiede."

KELER (1963), über die Coleopteren allgemein: Das Flügelgeäder ist stets stark reduziert und sekundär modifiziert.

Die Anwendung der Nomenklatur auf das von SNODGRASS (1935) geschaffene Flügelschema gestaltet sich hier also recht schwierig und nicht immer eindeutig.

Die Costa besitzt ungefähr nur ein Drittel der gesamten Flügellänge; der zu ihr parallel laufende dünne Innenrand möge als Subcosta bezeichnet werden; der Radius ist durch sein distal stark verbreitetes, nach innen umgebogenes Ende, die am stärksten in Erscheinung tretende Flügellader. Der auf ihr ausgesparte transparente Raum hat nichts mit einer durch Queradern gebildeten "geschlossenen Zelle" zu tun.

Problematisch ist die Deutung der beiden unterhalb des Radius liegenden dunklen Flecken; wenn sie als Reste der reduzierten Media aufgefaßt werden, ist die nächste, kranial hakenförmig umgebogene Ader als Cubitus aufzufassen.

Eine gutausgebildete, in der oberen Hälfte doppeladrigte Analader weist beiderseitig je einen blind endenden Analadernrest auf.

FREUDE, HARDE, LOHSE, (1965) unterscheiden bei den Coleopteren drei Typen des Flügelgeäders: Adephagen- Staphyliniden und Cantharidentypus.

Da, wie oben erwähnt, durch Queradern gebildete, deutlich umgrenzte Zellen fehlen und *L. pinicola* zu den Polyphagen gehört scheidet der 1. Flügelgeädertyp aus.

Eine Zuordnung zum Cantharidentypus würde das Zusammenlaufen von Media und Cupitus fordern, was aber hier, bei der ohnehin reduzierten Media nicht zutrifft.

Das Postulat der frei auslaufenden Längsadern, das für den Staphylinidentypus gilt wird erfüllt, und somit möchte ich das Flügelgeäder von *L. pinicola* diesem letztgenannten Geädertyp zuordnen.

5.13

Männliche und weibliche Genitalorgane

P. gidium und Subgenitalplatte, die den Genitoanalraum einschließen, sind beim männlichen und weiblichen Käfer unterschiedlich ausgebildet, und bereits in 5.122 (Abb.10) behandelt.

5.131

Männliche Genitalorgane

Das männliche Genitalorgan ist aus Abb.12(A,B,C) ersichtlich. Die Parameren, welche an den männlichen Genitalorganen der Coleopteren häufig vorhanden sind, und überhalb, unterhalb oder seitlich des Aedeagus liegen, sind bei *L. pinicola* zu zwei sklerotisierten, der Unterseite des Aedeagus eng anliegenden Gabeln reduziert (VERHOEFF; 1893)

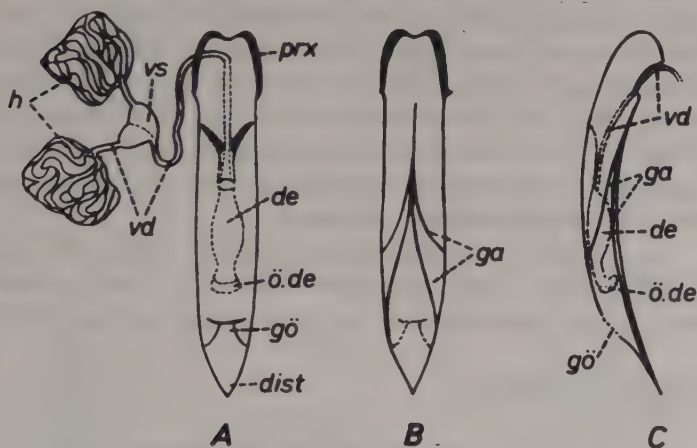


Abb. 12: Männliches Genitalorgan (inneres und äußeres);

de = Ductus ejakulatorius; dist = distales Ende;
ga = Gabeln; gö = Geschlechtsöffnung; h = Hoden;
ö.de = Öffnung des Ductus ejakulatorius; prx =
proximales Ende; vd = Vas deferens (Samenleiter);
vs = Vesicula seminalis (Samenblase);

A, B, C = Dorsal-, Ventral-, Lateralansicht;

Der Aedoeagus ist eine kompakte, nicht in eine obere und untere Platte differenzierte, durchsichtige Chitinröhre ovalen Querschnitts. Ventrad ist der Aedoeagus gekrümmt (Abb. 12 C); seine Länge beträgt knapp die des Abdomens. Das proximale Ende ist breit und median leicht eingebuchtet; das distale Ende läuft in einer feinen Spitze aus; etwas oberhalb dieser liegt die, den Austritt des Spermas ermöglichende Genitalöffnung.

Die paarigen, schlauchförmigen Hoden sind knäulartig aufgewunden und münden mit je einem Samenleiter (Vas deferens) in eine doppelkammrige, herzförmige Samenblase (Vesicula seminalis); aus dieser wiederum entspringt nur ein Samenleiter (nicht chitiniert), der erst im Aedoeagus in den chitinierten Samengang (Ductus ejaculatorius) mündet.

Der Samengang ist auf Grund seiner dunklen Färbung im farblosen, transparenten Aedoeagus gut erkennbar; ersterer ist mit der Innenseite des Aedoeagus nicht fest verwachsen. Die am distalen Ende des Ductus ejaculatorius liegende aufklappbare Öffnung ist breiter als die Öffnung des Aedoeagus. Ein Austritt des Samenganges aus dem Aedoeagus während der Copulation ist somit nicht gegeben. Am proximalen Ende zeigt der Ductus ejaculatorius eine gabelförmige Aufspaltung (Abb. 12 A); Meines Erachtens dient diese Vorrichtung dazu dem Samengang, bei ausgefahrenem Aedoeagus und möglicher Spannung des Samenleiters, genügend Rückhalt zu geben.

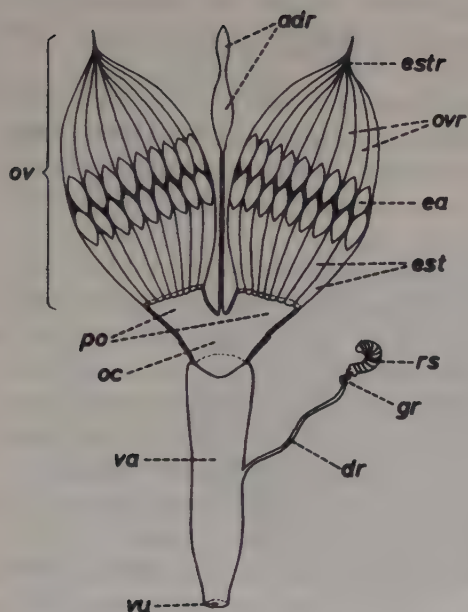
Wie aus Abb. 12 A ersichtlich liegt die Öffnung des Samenganges nicht unmittelbar an der Öffnung des Aedoeagus. Ob und inwieweit sich erstere bei der Copulation der letzteren nähert ist mir nicht bekannt.

5.132 Weibliche Genitalorgane

Wie aus Abb. 13 und 14(A,B) ersichtlich ist, sind die dargestellten inneren und äußeren weiblichen Genitalorgane noch in einem frühen Entwicklungsstadium (ca. 8 Tage alter Käfer). Im legerreifen Zustand füllen die Eier das gesamte Abdomen prall aus; eine übersichtliche zeichnerische Darstellung ist dann nicht mehr möglich.

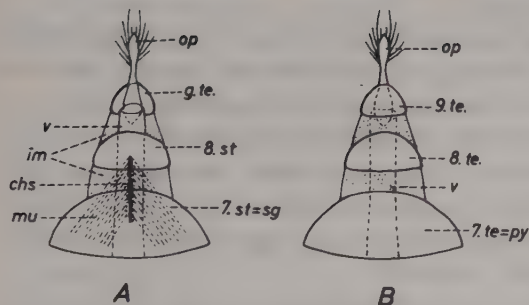
In den, dem büscheligem Ovarientyp zugehörigen paarigen Ovarien, kommt jedem Eischlauch (Ovariole) nur die Rolle für die Entwicklung eines einzigen Eies zu. Die Ovariolen, der in tieferer Schicht

Abb. 13: Innere weibl.
Genitalorgane;



adr = Anhangsdrüse;
dr = Ductus receptaculi;
ea = Eianlagen;
est = Eiröhrenstiele;
estr = Endstrang;
gr = Glandula receptaculis;
oc = Oviductus communis;
ov = Ovarien;
ovr = Ovariolen;
po = paarige Oviducte;
rs = Receptaculum seminis;
va = Vagina;
vu = Vulva;

Abb. 14: Äußeres weibl.
Genitalorgan.



A, B = Ventral-, Dorsalan-
sicht;
chs = Chitinstab;
im = Intersegmentalmembran;
mn = Muscularis;
op = Ovipositor;
py = Pygidium;
sg = Subgenitalplatte;
st = Sternit;
te = Tergit;
v = Vagina;

liegenden Eianlagen (Abb. 12), sind hinter den Ovariolen der oberen Eianlagenschicht liegend vorzustellen (aus der Zeichnung nicht ersichtlich). Proximal vereinigen sich sämtliche Ovariolen zu dem Endstrang.

Die paarigen Eileiter (Oviductus laterales), in deren oberes Ende (Eikelch; Calix) die Eiröhrenstiele münden sind verhältnismäßig kurz und breit, so daß ein deutlicher Übergang zum eigentlichen Eileiter (Oviductus communis) nicht vorhanden ist (in der Zeichnung etwas abgesetzt dargestellt).

In die Vereinigungsstelle der paarigen Oviducte mündet der Kanal einer "zweistöckigen" Anhangsdrüse, deren Funktion die Ausscheidung der, für die Haftwirkung der Eier nötigen Kittsubstanz ist. Die Einmündung dieser Kittdrüse (Glandula sebacea) in die paarigen Oviducte stellt nach EIDMANN-KÜHLHORN (1970) (...im allgemeinen haben die paarigen Oviducte keinerlei Anhangsdrüsen.) eine Ausnahme dar. Der Übergang des Eileiters (Oviductus communis) in die Vagina ist nicht wie bei vielen Insekten kontinuierlich, sondern letztere setzt sich durch einen ringförmigen Wulst deutlich von ersterem ab.

Die, der Speicherung des Spermas dienende Samenblase (Receptaculum seminis) besitzt eine chitinöse Intima (gut sichtbar bei mazerierten Käfern). An das Receptaculum seminis schließt eine sehr feine, ebenfalls mit einer chitinösen Intima ausgekleidete Receptaculardrüse (Glanda receptaculis) an, die in den langen Samenleiter (Ductus receptaculi) mündet. Die Lage der Glanda receptaculi zwischen Receptaculum seminis und Ductus receptaculi ist für die Coleoptera typisch.

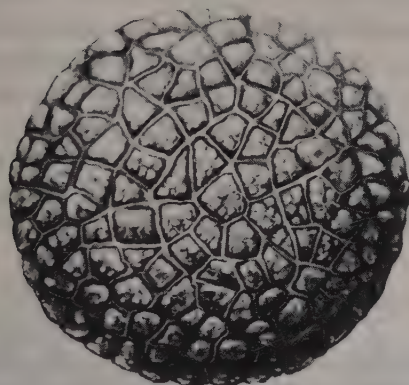
Abb. 14 zeigt das, sich in Eiablagestellung befindende, äußere weibliche Genitalorgan in Ventral- (A) und Dorsalansicht (B). Die, bei Ruhelage des weiblichen Genitalorgans (Abb. 10) zwischen Pygidium (7. Tergit) und Subgenitalplatte (7. Sternit) liegenden Terminalia (8. und 9. Tergit; 8. Sternit) treten nach außen. Über die Vaginalöffnung ragt ein keulenförmiger, mit einer feinen Behaarung versehener, chitinöser Ovipositor hinaus, der das abgelegte, klebrige Ei an der jeweiligen Unterlage festdrückt.

An der Dorsalseite des 8. Sternits entspringt ein feiner Chitinstab; die an ihm, sowie an der Dorsalseite der Subgenitalplatte (7. Sternit) inserierende Muskulatur bewirkt in Verbindung mit der, zwischen die Intersegmentalmembranen eingepressten Körperflüssigkeit, die Motorik des äußeren weiblichen Genitalorgans.

5.2

Das Ei

Die äußere Erscheinungsform des bisher unbekannten Eies ist aus Abb. 15 ersichtlich.



0,5 mm

Die Maße der Länge betragen ($N = 100$): $M = 0,56$ mm; $S = 0,034$ mm;
die der Breite: $M = 0,45$ mm; $S = 0,042$ mm;

Der Durchmesser des Eies ist also ungefähr 20 % geringer als die Länge, wodurch sich eine schwach längsovale Form ergibt. Unterschiedliche Maße in der Hälfte des vorderen und hinteren Eipols wurden nicht festgestellt. Zu trockenes oder zu feuchtes Medium kann eine Veränderung der Eiform bewirken. Die unterschiedliche (stärkere) Quellung bzw. Schrumpfung der Breite gegenüber der Länge bei Feuchtigkeitsschwankungen erklärt die größere Standardabweichung des Breitenmaßes.

Die Farbe des frisch gelegten, schwach klebrigen Eies ist ein glänzendes hellgelb, welches im Laufe der Embryonalentwicklung in Folge des Nahrungsdotterverbrauches in blassgelb bis gelblichgrau umschlägt.

Das Chorion ist, besonders beim frischgelegten Ei, sehr zart und platzt bei geringer Berührung, was ein sofortiges Auslaufen des Eies zur Folge hat. Aufgrund seiner netzartigen Einschnürung ist das Chorion in eine Vielzahl erhabener polyedriger Flächen unterteilt, die bei stärkerer Vergrößerung (400) eine feine Skulpturierung zeigen. Das Chorion erhärtet mit dem Wachstum des Embryos und behält nach dessen Schlüpfen die ursprüngliche, jetzt grau und pergamentartig erscheinende Eiform bei.

Das centrolecithale Ei ist nicht transparent. Die Entwicklung des Embryos kann daher von außen nicht beobachtet werden. Lediglich der Kopf der Eilarve, mit den sich zangenartig bewegenden Mandibeln ist ca. einen Tag vor dem Schlüpfen zu erkennen.

Eine Verfärbung der Eier unter direktem Lichteinfluß, wie sie von AUERSCH (1961) für viele Käfer als wahrscheinlich angegeben wird, tritt nicht auf.

5.3 Morphologie der Larve

Mit den Larvenformen von Unterfamilien der Chrysomeliden befaßte sich bisher in intensiver Weise BÖVING (1931), PATERSON (1931) und HENNIG (1938), deren Terminologie auch in dieser Arbeit Verwendung findet.

Die Larve von *Luperus pinicola* war bisher unbekannt.

5.31 Bestimmung auf Grund der Beborstung

Zur Bestimmung der Chrysomelidenlarven findet in erster Linie die Beborstung der Kopfoberseite sowie teilweise die des Thorax und Abdomens Verwendung.

Die Beborstung der Kopfseite und Kopfunterseite wird zur Bestimmung nicht herangezogen, da diese Borsten weder im normal orientierten mikroskopischen Präparat zu sehen sind, noch nach bisherigen Erfahrungen sichere Anhaltspunkte zur Artunterscheidung bieten; das diesbezüglich Gesagte gilt auch für die Mundteile, da ihre Ausbildung in den einzelnen Unterfamilien ziemlich konstant ist. (PATERSON 1931)

Die Kopfoberseite der Larve ist aus Abb. 16 ersichtlich. Bei allen von HENNIG (1938) untersuchten Chrysomelidenlarven zeigten

sich die auch bei der Larve von *Luperus pinicola* - jedoch in anderer Lokalisierung - auftretenden Borstenpaare L 1 und L 2 des Labrums und C 1, C 2 sowie C 3 des Clypeus.

Auf den Frontalia treten im typischen Falle (wie auch hier) die Borstenpaare F 1 - F 5 und V 1 - V 5 auf.

L 1 - L 2, C 1 - C 3, F 1 - F 5 und V 1 - V 5 werden als Macrochaeten (genau definierte Borsten) bezeichnet; außer ihnen treten noch wesentlich kleinere, (Größenverhältnis siehe Abb. 16; Mi : Ma) feine Borsten, sogenannte Microchaeten (accessorische Borsten) auf.

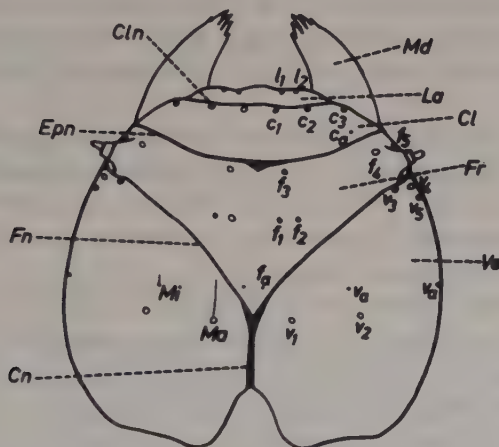


Abb. 16: Dorsalansicht des Caputs der Larve (Bestimmungsschema)

Ma = Macrochaete; Mi = Microchaete (siehe Längenverhältnis der Borsten); V 1 - V 5 = Macroch. der Verticalia; va = accessorische Borsten (Microch. der Verticalia); f 1 - f 5 = Macroch. der Frontalia; fa = acces. Borsten der Frontalia; c 1 - c 3 = Macroch. des Clypeus; ca = acces. Borsten des Clypeus; L 1 - L 2 = Macroch. des Labrums.

Cl = Clypeus; Cln = Clypeolabralnaht; Cn = Coronalnaht; Epn = Epistomalnaht; Fn = Frontalnaht; Fr = Frons; La = Labrum; Ma = Mandibel; Ve = Vertex;

Das Labrum weist nur ein Macrochaetenpaar auf (L 1 - L 2). Microchaeten sind, im Gegensatz zu vielen anderen Chrysomelidenlarven, nicht

vorhanden.

Die drei Paar Macrochaeten des Clypeus sind an dessen Vorder-
rande gleichmäßig angeordnet. Je eine accessorische Borste sitzt na-
he dem seitlichem Außenrande.

Ebenfalls ein accessorisches Borstenpaar sitzt am proximal
spitz zulaufendem Ende der Frons. Diese besitzt 5 Paar Macrochaeten;
davon sind 3 Paar in Dreiecksanordnung mehr median, und 2 Paar am
Grunde der Antennen zu finden.

Mit je 3 accessorischen Borsten sind die Verticalia ausgestat-
tet; davon ist eine Borste, welche im äußersten von Frontalnaht und
Vertex gebildetem Winkel liegt, auch mikroskopisch nur schwer zu er-
kennen. 3 Macrochaetenpaare entspringen nahe zusammengedrängt proxi-
mal der Antennen; 2 Macrochaetenpaare in senkrechter Linie zur Coro-
nalnaht.

Für die Beborstung der Thoracal- und Abdominalsegmente stellte
PATERSON (1931) ein ursprünglich für alle Chrysomelidenlarven gelten-
des Schema auf, welches davon ausgeht, daß auf jedem Segment der Dor-
salseite zwei teilweise miteinander verschmelzende Querreihen von Bor-
sten und Skleriten vorhanden sind.

HENNIG (1938) reduzierte die Gültigkeit dieses Schemas jedoch
auf eine kleine Untergruppe (oligochaete Larvengruppe), da er erkannte,
daß Segmentborsten und Sklerite vieler Chrysomelidenlarven durchaus
nicht genau nach Zahl und Anordnung festgelegt sind. Er stellt dem
Schema der oligochaeten Larvengruppe, das für die Chrysomeliden ur-
sprünglichere der polychaeten Larvengruppe gegenüber. Außerdem weist
HENNIG auch auf die "noch in keiner Weise bekannte" individuelle Varia-
bilität der sehr zahlreichen Chrysomelidenlarven hin: "Wenn es schwie-
rig ist, zwischen individuellen und artcharakteristischen Merkmalen
zu unterscheiden, liefert eine ausführliche Beschreibung und Abbil-
dung des untersuchten Tieres immer noch die größte Wahrscheinlichkeit,
daß die zur Erkennung der Art wichtigen Merkmale in ihr enthalten
sind..."

Die für die Larve von *Luperus pinicola* typische Thorakal- und
Abdominalbeborstung ist aus Abb. 17 ersichtlich. (Erstdarstellung)

Auf ein teilweise übliches "Aufklappen" der Segmente wurde be-
wußt verzichtet und die Larve in natürlicher, gekrümmter, bei der Be-
obachtung üblicher Seitenlage gezeichnet.



Abb. 17. Lateralansicht der Larve

Der Prothorax weist ein breites, relativ stark chitinisierendes Dorsalsklerit auf, welches im Unterschied zur sonst glänzend elfenbeinfarbenen Larve von schwachgelblicher Farbe ist.

Das bei dem identisch behaartem Meso- und Metathorax über der "Beinfalte" sitzende kleine Sklerit fehlt beim Prothorax.

Unterschiedlich beborstet ist das 1. und 2. Abdominalsegment; ersteres ist mit nur einer Bauchwölbung, welche ein haartragendes Sklerit besitzt, versehen, zweites mit einem zusätzlichen uneborsetzten Latero-Dorsalsklerit. Das zweite bis einschließlich achte Abdominalsegment unterscheidet sich hinsichtlich der Beborstung nicht. Das neunte, ventral mit dem Nachschieber (Postpedes; Zehntes umgebildetes Segment) ausgestattete Abdominalsegment ist dorsal mit einer gewölbten Chitinkappe überzogen.

5.32 Larvenstadien (Kopfkapselbreiten und Körpermaße)

Tab. 1 gibt die Kopfkapselbreiten, Körperbreiten und Körperlängen der 4 bzw. 5 bei *Luperus pinicola* auftretenden Larvenstadien an.

	Kopfkapselbr. (mm)		Körperbr. (mm)		Körperlänge (mm)	
	M	S	M	S	M	S
L ₁	0,20	0,010	0,26	0,017	1,97	0,1'
L ₂	0,26	0,013	0,42	0,031	3,11	0,29
L ₃	0,33	0,016	0,67	0,069	4,01	0,49
L ₄	0,38	0,018	0,89	0,093	4,66	0,67
L ₅	0,41	0,022	1,02	0,102	5,45	0,81

M = Mittelwert; S = Standardabweichung

Die Standardabweichungen der Kopfkapseln und Körperbreiten wurden wegen der geringen Körpergröße des verwendeten Materials auf 1/1000 mm genau angegeben.

Tab.1 veranschaulicht bezüglich der Dynamik des Larvenwachstums folgendes:

1. Die Kopfkapselbreite des 5. Stadiums ist nur um ca. 100 % größer als die des 1. Stadiums. Die Streuungen der einzelnen Werte sind sehr gering.

2. Die Körperlänge des letzten Stadiums übertrifft die des 1. Stadiums um durchschnittlich 175 %.

3. Die Körperbreite des letzten Stadiums übertrifft die des ersten Stadiums um durchschnittlich 292 %.

Das Kopfkapselwachstum ist also im Verhältnis zum übrigen Körperwachstum gering.

Die Relation des Dicken- zum Längenwachstum ist stark zum ersten hin verschoben, was sich durch die, für die Larvenüberwinterung nötigen, Fettanlagerungen erklärt.

5.33 Morphologie der Larve (Beine, Antennen, Mandibeln)

Das Prothorakalbein der oligopoden Larve, das sich in der Größe nicht von den übrigen Beinen unterscheidet, ist aus Abb. 18 ersichtlich.

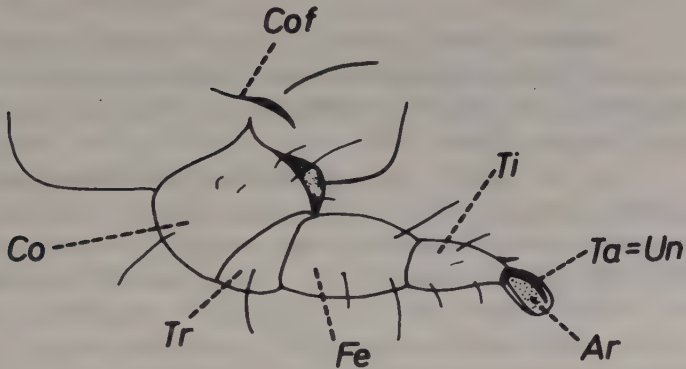


Abb. 18: Larvenbein

Ar = Arolium; Co = Coxa; Cof = Coxalfalte;
Fe = Femur; Ti = Tibia; Tr = Trochanter;
Ta = Un - Tarsus = Unguis (Kralle)

Die, sich dorsal über jeder Coxa hinziehende, leicht geschwungene Coxalfalte weist beim Prothorax eine, bei Meso- und Metathorax fehlende lange Borste auf. Die Coxa ist mit dem Thorax fest verwachsen.

Trochanter, Femur und die, an ihrer Spitze mit einem kleinen Dorn versehene Tibia sind deutlich ausgebildet. Die Tarsen sind reduziert. Es ist nur noch eine, üblicherweise dem Praetarsus aufsitzende hakenförmige Kralle vorhanden (Unguis), die bei den von BÖVING (1931) abgebildeten Larven der Galerucinae jedoch als Tarsus bezeichnet wird.

Die Kralle wird in der Ruhelage von einem sklerotisiertem,

löffelähnlichem Gebilde, dem sogenannten Arolium bedeckt, dessen Funktion die eines "Haftlappens" sein soll (Keler; 1963); da aber auch bei starker Vergrößerung keinerlei Drüsen oder Behaarung zu erkennen sind, die Larve außerdem in der Erde lebt und eine Haftfunktion der Beine damit überflüssig ist, halte ich das Arolium bei der Larve von *Luperus pinicola* für ein, die ohnehin zarten Krallen unterstützendes Graborgan.

PATERSON (1931) gliedert in seiner Larvensystematik der Chrysomeliden die Unterfamilie der Galerucinae und Halticinae wegen ihrer eingliedrigen Antennen von der Unterfamilie der Chrysomelinae (Antennen 3gliedrig) ab.

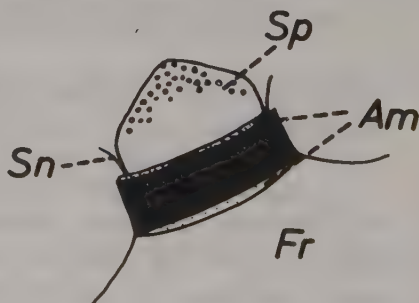
Die bei BÖVING (1931) erscheinenden Zeichnungen und Beschriftungen von Antennen sind in ihrer Aussage bezüglich der Gliederzahl widersprüchlich. So werden bei zwei morphologisch gleichen Antennen (Tafel 109 Abb. A, Tafel 113 Abb. A) bei ersterer 3 Antennenglieder, bei letzterer jedoch nur ein Antennenglied festgestellt; hier wird das zur ersten Zeichnung identische 2. Antennenglied als "ring shaped sclerome at base of the tactile appendix" (eigentliches 3. Antennenglied) bezeichnet.

Außerdem zeigt BÖVING auch die Zeichnung einer 2gliedrigen Antenne (Tafel 110 Abb. H, Galerucinae).

Abb. 19 zeigt die in einer kraterartigen Erhebung der Frons inserierende, kurze 2-gliedrige Antenne der Larve von *Luperus pinicola*.

Abb. 19: Larvenantenne

Am = Antennalmembran
Fr = Frons
Sn = Sinneshaar
Sp = Sinnesplatte



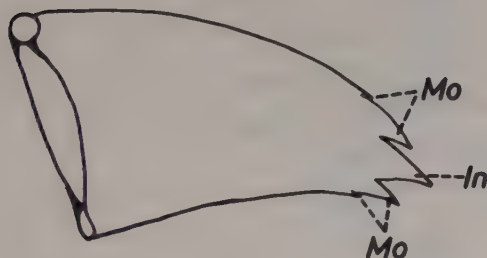
Betrachtet man wie BÖVING das 2. Antennenglied als einen dem basalen 1. Antennenglied aufsitzenden "Appendix" (Anhang), so wäre diese Antenne allerdings als eingliedrig zu bezeichnen. Der Grund die-

ser Unsicherheit mag an den morphologischen Unterschieden der einzelnen Fühlerglieder liegen.

Während das basale erste Fühlerglied stets gut chitiniert ist, zeigt das distale Fühlerglied einen glänzenden, mit Sinnesplatten (Sensillum placoedum) versehenen, dünnmembranigen Überzug, was manche Autoren veranlassen mag, es als selbständige morphologische Einheit zu sehen.

Die Larvenmandibel ist von ähnlicher Erscheinungsform wie die Mandibel der Imago, jedoch nicht so stark nach innen gewölbt; außerdem sind die sich gegenüberliegenden proximalen Molares nicht wie bei den adulten Tieren stark ausgeprägt, sondern als winzige Rudimente gerade noch erkennbar. In der Größe unterscheiden sich die Larvenmandibeln voneinander nicht.

Abb. 20: Larvenmandibel



5.4 Morphologie der Puppe

Die, für die Holometabola typische freie Puppe (Pupa exarata libera) ist aus Abb. 21 bzw. 22 ersichtlich.

Die Farbe ist zu Beginn des Puppenstadiums glänzend elfenbeinweiß, die Augen sind noch farblos. Das in der Dorsalansicht den ganzen Kopf bedeckende Halschild ist schwach gelblich. In der Ventralansicht ragt es beiderseits über die Kopfkapsel hinaus.

Die Behaarung des Körpers ist aus den Abbildungen deutlich ersichtlich. Auffallend sind die an den "Knien" sitzenden, aus je einer längeren und kürzeren Borste bestehenden Borstenpaare, sowie die beiden großen, an den Außenseiten des letzten Abdominalringes entspringenden Borsten (Stemmborsten).

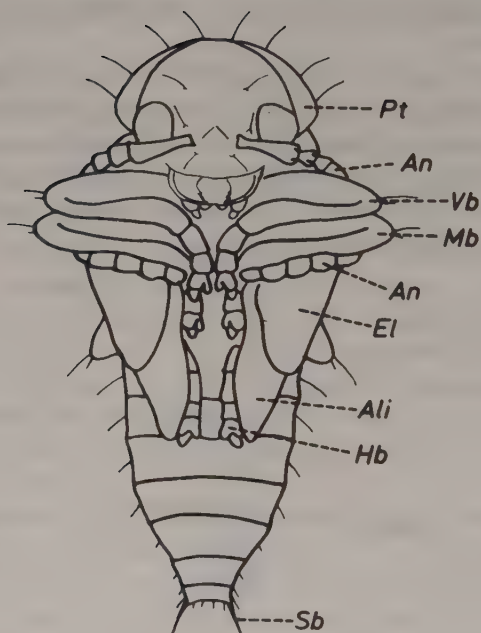


Abb. 21 Ventralansicht der Puppe

Al = Alae; An = Antenne; El = Elytren;
 Pt = Prothorax; Sb = Stemmborste;
 Vb - Mb - Hb = Vorder- Mittel- Hinter-
 bein (Pro- Meso- Metathorakalbein);

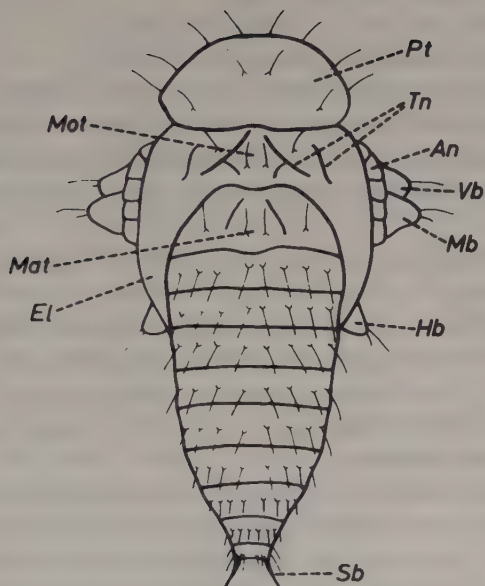


Abb. 22: Dorsalansicht der Puppe

An = Antenne; Vb- Mb- Hb- = Vorder-
Mittel- Hinterbein (Pro- Meso- Meta-
thorakalbein); El = Elytren; Mat = Me-
tathorax; Mot = Mesothorax; Pt = Pro-
thorax; Tn = Thorakalnaht; Sb = Stemm-
borste;

Die Beine sind mediad angelegt, jedoch frei (freie Puppe) vom Körper abhebbar. Vorder- und Mittelbeine liegen über den Alae, die Hinterbeine unter den Elytren. Die fast rechtwinklig zurückgebogenen Tarsen liegen in dem Zwischenraum, welcher von den weit unter den Alae hervorschauenden Elytren gebildet wird.

Die mittlere Länge ($N = 100$) beträgt 3,31 mm ($S = 0,55$ mm).

Das mittlere Gewicht beträgt 3,1 mg ($S = 0,78$ mg).

Bezüglich der Geschlechterverteilung gelten auch hier ähnliche wie in Abb. 1 veranschaulichte Verhältnisse. Aus Puppen der unteren Größenbereiche schlüpfen stets Männchen, aus Puppen der oberen Größenbereiche stets Weibchen. Bei mittleren Werten herrschten wieder fließende Übergänge.

Außer der Größe und dem Gewicht zeigten die Puppen keinerlei Sexualdimorphismus.

Die Puppen sind etwas schwerer als die frisch geschlüpften Imagines, deren mittlere Gewichte ($N = 48$) bei den Männchen 1,85 mg und bei den Weibchen 3,3 mg betrugen. Dieser anfängliche Gewichtsverlust mag sich durch die verlorengegangene Puppenexuvie sowie Ausscheidungsvorgänge (Meconium) erklären.

Der Entwicklungsbeginn, welcher auf Grund der durchsichtigen Puppencuticula gut zu beobachten ist, macht sich in einer hellbraunen Pigmentierung der Augen bemerkbar, gefolgt von einer schwachen Schwärzung der Alae sowie Ventralseite des Abdomens. Im Laufe der fortschreitenden Entwicklung verfärbt sich nun die gesamte stark chitinierte Ventralseite, wieder mit den Augen beginnend, dunkel bis grauschwarz; die schwächer chitinierte Dorsalseite des Meso- und Metathorax und besonders die des Abdomens verfärben sich langsamer und schwächer als die Ventralseite.

Die endgültige, glänzend pechschwarze Verfärbung weist das Insekt erst ca. 1 bis 2 Tage nach dem Schlüpfen auf.

8. BIOLOGIE

6.1 Biologie der Imago

6.11 Imaginalhäutung

Infolge sich ventrad wiederholender Krümmungen bewirkt die schlüpfbereite Imago eine Oberflächenspannung, welche die Sprengung der Thorakalcuticula mit sich bringt. Alae und Elytren werden nun durch das Einpressen von Luft aufgebläht und oberflächengeglättet. Durch die sich anschließende Verkürzung der Epidermiszellen (Esdmann - Kühlhorn 1970) verflachen sich dann die Flügelanlagen wieder.

Das Aufschlitzen der Cuticula der Kopfkapsel erfolgt durch das Spreizen der Mandibeln, welche anschließend die Vorderbeine von ihrem Chitinüberzug befreien. Mittel- und Hinterbeine reiben sich gegenseitig aneinander, was auch hier zum Verlust der Puppenexuvie führt.

Sobald die Beine ihre volle Bewegungsfreiheit erlangt haben verläßt das Insekt die nur wenige Millimeter unter der Erdoberfläche angelegte, glattwandige Puppenwiege; die Fraßpflanze wird jedoch erst nach völliger Ausformung der Flügel sowie lackschwarzer Ausfärbung des Integuments aufgesucht.

Der Enddarm wird nicht, wie meist üblich, erst bei völlig geschlüpfem Imago entleert, sondern die Meconiumausscheidung erfolgt bei noch vorhandener, distal geschlossener Abdominalcuticula des Puppenstadiums. Der dadurch entstehende Überdruck, sowie der teleskopartig nach außen tretende Enddarm schieben die Cuticula des Puppenabdomens vom Abdomen der Imago.

Der gesamte Schlüpfvorgang, der von Putzbewegungen der Beine begleitet wird - die Vorderbeine und Mandibeln reinigen noch die Antennen, die Hinterbeine streichen über das Abdomen sowie die Elytren und säubern deren Behaarung - dauert bei 20°C einen bis eineinhalb Tage.

6.12 Motorik (Fang und motorisches Verhalten in der Gefangenschaft)

Die im Freiland, unter natürlichen Bedingungen, auf dem diesjährigen Trieb einer Kiefer sitzenden Käfer machen einen ruhigen, beinahe

trügen Eindruck. Kaum ein Individuum befindet sich in Bewegung.

Dieses Verhalten ändert sich in der Gefangenschaft jedoch augenblicklich. Schon beim Fangversuch offenbaren sich die geschickten motorischen Fähigkeiten. Viele Käfer, selbst solche, die sich in Kopulation befinden, lassen sich bei bloßer Annäherung, besonders bei warmen, windstillen Wetter blitzartig zu Boden fallen oder versuchen ihr Heil in einer raschen, meist auf der dem Besucher abgewendeten Triebseite stattfindenden Flucht.

Versucht man nun einen Käfer in eine mit Holzwohle (bei Gras beschlägt sich die Tüte und die Käfer kleben mit dem Rücken fest) gefüllte Plastiktüte zu klopfen, klammert er sich wiederum oft verbissen an einer Nadel oder der Triebrinde fest. In der Tüte selbst sind die Käfer stets in Bewegung; der Anblick erinnert an das Gewimmel eines Ameisenhaufens. Holzwohle empfiehlt sich als Tüteninhalt dringend, da die Käfer sich in ihr verkriechen und beim Öffnen der Tüte im Labor nicht sofort entweichen. Ein in die Tütenöffnung gesteckter breitrandiger Trichter, in den sich die Insekten oft bei bloßem Darunterhalten fallen lassen, erhöht den Fangerfolg beträchtlich.

Das Flugvermögen ist ausgezeichnet entwickelt, obwohl in natürlicher Umgebung kaum davon Gebrauch gemacht wird.

Von einer, in der dunklen Ecke eines Zimmers geöffneten Fangtüte sitzt ein Großteil der Insassen nach wenigen Sekunden am Fenster. Dem raschen Flug geht ein, oft nur den Bruchteil einer Sekunde dauerndes Abspreizen der Elytren und Aufklappen der Alae voraus. Ein "Pumpen" erübrigt sich bei dem im Verhältnis zur Flügelfläche sehr leichtem Körper.

Obwohl nach geraumer Zeit auch in der Gefangenschaft eine gewisse Beruhigung eintritt, befindet sich auf Grund der ausgeprägten positiven Phototaxis meist ein Großteil der Tiere an der Unterseite der, das Beobachtungsgefäß abdeckenden Gaze. Diese Eigenschaft beeinträchtigt meines Erachtens den Aussagewert von Versuchsergebnissen oft recht beträchtlich.

Wie erwähnt tritt Akinese nicht auf. Plötzliche Beunruhigung steigert nur den Fluchtreflex, wodurch sich das Umsetzen der Käfer oft recht schwierig gestaltet.

6.13 Nahrungsaufnahme

Die Technik des Fraßes wurde von VIETINGHOFF - RIESCH (1925) beschrieben.

VIETINGHOFF - RIESCH: "Über die Mechanik und Biologie des Käferfraßes machte ich folgende Beobachtungen; der Käfer frißt mit schräggestelltem Kopf, so daß die Achse durch beide Mandibeln gelegt gedacht, annähernd parallel zur Körperachse stehen würde. Nur so ist auch das enge Lumen des Fraßganges verständlich. Abwechselnd werden bei dieser Fraßstellung rechte und linke Mandibel zu verschiedenen Zwecken benutzt: Die untere Mandibel bei der Schräg- bzw. Seitenstellung des Kopfes ist die eigentlich Arbeitende (Schubleistung), die Obere die Führende, Sichtende. Der Druck der Arbeit liegt also auf der Unteren. Deren Muskeln ermüden naturgemäß schneller. Die kürzeste, von mir beobachtete Arbeitszeit einer Mandibel betrug 23 Sek., die längste 55 Sek. Das Umstellen des Kopfes zwecks Wechsel der Mandibel erfolgt jedoch sofort, wenn der Käfer einmal im Fraßzug ist. Durchschnittlich erfolgte in der Minute ein zweimaliger Wechsel... Der Fraß von *Luperus pinicola* geht ziemlich schnell vor sich, 3 cm (Rinnenlänge) sind in wenigen Minuten gefressen. Der Käfer setzt sich jetzt irgendwo hin und putzt sich."

VIETINGHOFF - RIESCH berichtet im Gegensatz dazu von einem Fraß, der 42 Minuten ununterbrochen dauerte, bei dem aber nur 5 mm gefressen wurden (?).

Leider beruhen die Beobachtungen von VIETINGHOFF - RIESCH bezüglich der Fraßmenge und Fraßzeit auf sehr wenigen Individuen, so daß der hier gemachte Aussagewert gering ist.

Nach meinen Beobachtungen unterscheiden sich die Fraßzeiten so gewaltig voneinander, daß hierzu die Angaben von Mittelwerten nichts aussagen. Von wenigen Sekunden bis zu mehreren Minuten ohne Unterbrechung dauernde Fraßzeiten sind die Regel.

Von einem zweimaligen Kopfumstellen in der Minute kann ebenfalls nicht gesprochen werden, da der Käfer die Muskulatur der unteren Mandibel auch durch langsamere Fraßgeschwindigkeit oder kurzen Fraßstillstand ohne Kopfumstellen entlastet.

Die Nahrungsmenge vom Männchen und Weibchen unterscheidet sich erheblich. Letzteres vertilgt (Verhältnis der gewogenen Kotmengen)

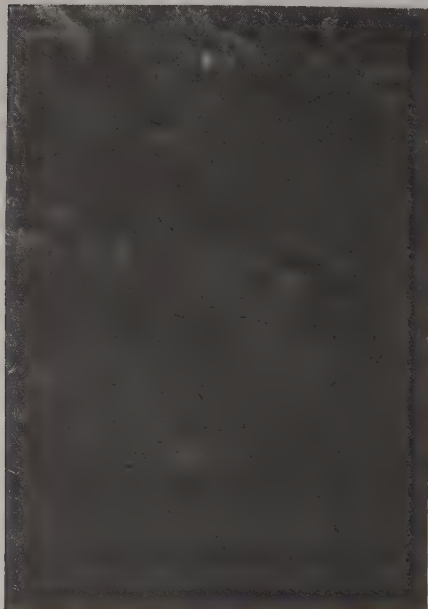
das ca. 6 bis 8 fache.

Bei der Bestimmung der absoluten Nahrungsmenge ergeben sich Schwierigkeiten. Die Wägung eines Kiefernzweiges vor und nach Befraß ist sinnlos, da die gefressenen Mengen im Verhältnis zum Gewicht des Zweiges zu gering sind.

Luperus pinicola befrißt nicht nur die Nadeln, sondern vor allem auch die frische Epidermis (mit dem darunter liegenden Gewebe) des diesjährigen Kieferntriebes.

An den, in der Epidermis liegenden Wunden klebt jedoch eine große Kotmenge fest, die sich durch Abschütteln nicht vollständig löst, was die Wägung sehr verunsichert.

Einfach hingegen ist das Wiegen des Kotes von Käfern, die nur mit Nadeln gefüttert wurden, da an diesen der Kot nicht festklebt. Beim Weibchen betrug hierbei das mittlere tägliche Kotgewicht ca. 1,6 mg. Der von unbenadelten befreßenen Triebspitzen gewonnene Kot eines Tages wog ca. 3,8 mg. Berücksichtigt man nun noch den, an der Epidermiswunde festgeklebten Kot, so ergibt sich beim Weibchen ein tägliches Kotgewicht von schätzungsweise 5 mg (Temp. 22°C).



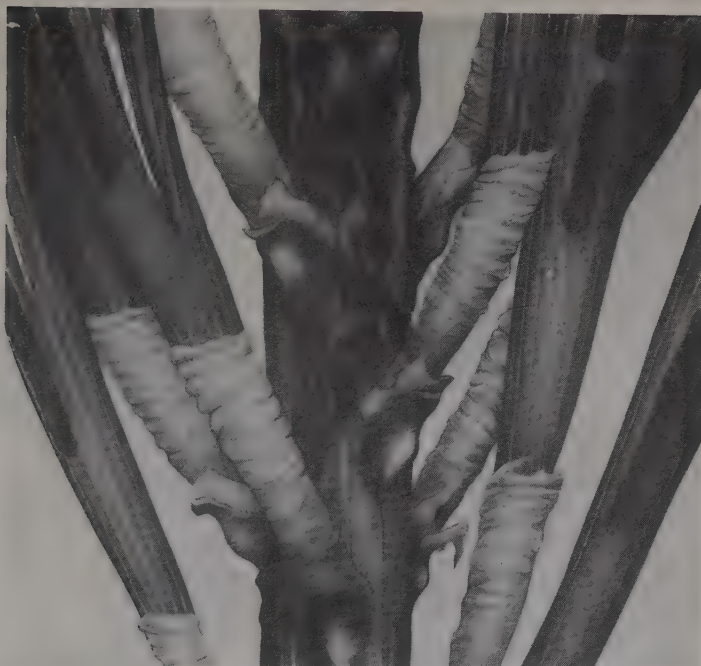
Die Fraßmenge des Männchens ist (siehe oben) entsprechend geringer.

Hinsichtlich dieser, im Verhältnis zu einer mehreren Meter hohen Kiefer äußerst geringen Fraßmenge mögen die oft weithin sichtbaren Folgen (Braunfärbung der Mai-triebe; Abb. 23) überraschen. Sie erklären sich jedoch durch die meist in großer Vielzahl auftretenden Käfer und deren Angriff auf den empfindlichsten Teil des Baumes, seinen frischen Trieb.

Abb. 23: Befallener Bestand

6.14 Fraßbilder und Fraßfolgen

Wie schon erwähnt, unterscheidet man zwischen Nadel- und Rindenfraß am diesjährigen frischem Trieb (Abb. 24).



Der Nadelfraß findet hauptsächlich auf der Unterseite der Nadel statt. Der Käfer frißt hierbei wenige mm, im Höchsthalle bis 1 cm lange, schmale Rinnen, welche die Nadel niemals durchdringen. Ein Anbeißen der Nadeln von der Seite (Schartenfraß) wie er z.B. bei der Raupe des Kiefernspanners (*Bupalus pinarius*) geschieht, ist gänzlich ausgeschlossen.

Der sich normalerweise auf das gesamte obere Drittel des dort sehr zartrindigen Maitriebes beschränkende Epidermisfraß erfaßt auch das Schwamm- und Palisadengewebe. Die Fraßgänge sind hier teilweise napfförmig und wesentlich breiter als die der Nadelunterseite.

Bei sehr starkem Befall kann jedoch auch die gesamte Trieb-
länge befressen werden.

Bei jüngeren Bäumen wird, gleiche Befallsdichte vorausgesetzt,

ein längerer Triebabschnitt befressen, als bei älteren Bäumen; der Wipfeltrieb ist bei befallenen Pflanzen, ohne Alters- und Bonitätsunterschied, stets am stärksten in Mitleidenschaft gezogen.

Erster und zweiter Astquirl sind in etwa gleich stark befallen. Die Befallsdichte nimmt dann nach unten zu ab, so daß die untersten Astquirle des Baumes praktisch befallsfrei sind (Geschlossener Bestand).



Abb.25: Befallener Wipfeltrieb und erster Astquirl

Die befressenen Nadeln färben sich, je nach Befallsstärke entweder nur auf bestimmten Abschnitten, oder auch auf ihrer ganzen Länge rötlichbraun. Zusätzliche Ursache hierfür ist auch der erwähnte Epi-

dermis- und Parenchymfraß, welcher den Nadeln teilweise die Saftzufuhr abschneidet und so zu ihrer Vertrocknung führt.

Das Wachstum der befallenen Nadel bleibt hinter der gesunden stark zurück (bis zu 80 %). Völlig verfärbte Nadeln werden noch innerhalb der Vegetationsperiode, teilweise verfärbte stets früher als gesunde abgeworfen.

Der Nadelverlust des Maitriebes beträgt bis zu 95 % (KANGAS 1931)

Stärkerer Epidermisfraß führt zu einer braunen Verkrustung und Krümmung des befallenen Triebes (Abb. 25). Auf Grund seines stärkeren Befalls ist dies meist der Wipfeltrieb.

Diese Triebkrümmungen machen sich oft noch nach Jahren in einem typischen Schlangenwuchs bemerkbar (Abb. 26).



Abb. 26: Schlangenwuchs infolge langjährigen starken Befalls.

Der von *Luperus pinicola* verursachte Schaden beruht in erster Linie auf Zuwachsverlusten, hervorgerufen durch den Verlust an Assimilationsmasse.

Der Schlangenwuchs kann nur bedingt als Schaden betrachtet

werden, da er bis zum üblichen Umtriebsalter längst ausgeglichen ist. Lediglich bei Durchforstungsstangen könnte er Nachteile mit sich bringen.

Die Größe der Zuwachsverluste anzugeben ist schwierig. Die dazu notwendigen, vergleichbaren gleichaltrigen Bestände, die mir zugänglich waren (Schleißheim), wiesen alle einen Befall auf. Zuverlässige Vergleichsbestände waren also nicht gegeben. Außerdem richtet *Luperus pinicola* nur an jüngeren, etwa bis 25, höchstens 30 Jahre alten Kiefern wesentlichen Schaden an. Inwieweit dann die Zuwachsverluste der Jugend in späteren Jahren ausgeglichen werden, bedürfte langjähriger Messungen und Vergleiche.

Gewisse Aussagen erlaubt aber immerhin der Vergleich von, zu Beginn der Imaginalzeit (Ende Mai, Anfang Juni) abgedeckten Trieben (durchsichtige Gaze) mit unbedeckten befallenen Trieben. Je nach Befallsstärke ergab sich ein durchschnittlicher Längenunterschied von 8 bis 37 %; bei einmaligem Befall sicher kein allzugroßer Schaden.

Das eigentlich Unangenehme an *Luperus pinicola* ist aber, daß einmal von ihm heimgesuchte Bestände jedes Jahr aufs neue befallen werden. Da der Käfer bereits 4 Jahre alte Kulturen stark befällt und das, wie gesagt bis zum Alter der Bäume von ca. 30 Jahren beibehält, ist er als Dauerschädling zu betrachten, dessen, sich addierende Schadwirkungen, nicht zu unterschätzen sind.

Abgestorbene Triebe oder gar tote Kiefern wurden von mir nicht gefunden; auch fehlen hierüber Angaben.

Zu stärkeren Fraßschäden kommt es nur im Juni und Juli; in diesen Monaten ist die größte Käferdichte erreicht. Die befallene Pflanze hat somit den Rest der Vegetationsperiode noch zu einer gewissen Regeneration zur Verfügung.

6.15 Nahrungswahl und Abhängigkeit des Befalls von der Bonität.

Von LÜDGE (1968) wurden in Südwestdeutschland Untersuchungen bezüglich der Anfälligkeit verschiedener Kiefernarten gegenüber dem Schwarzbraunen Kiefernblattkäfer durchgeführt, die sich auf Weißkiefer (*Pinus silvestris*) und Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) beschränkten.

Bei ersterer wurde noch zwischen der süddeutschen Tieflands-

kiefer und der Schwarzwälder Höhenkiefer unterschieden.

Die Befallsstärke wurde hier, wie auch bei meinen Versuchen, an den befallenen Wipfeltrieben bzw. erstem und zweitem Quirl gemessen. Es wurde zwischen Nadel- und Rindenfraß unterschieden.

LÜDGE stellte anhand von Naturbeobachtungen und Laborversuchen fest, daß die süddeutsche Tieflandskiefer - besonders hinsichtlich des Rindenfraßes - gegenüber der Schwarzwälder Höhenkiefer wesentlich geringer befallen wurde. Dies mag für gemischte Bestände zutreffen. In den von mir untersuchten Reinbeständen der süddeutschen Tieflandskiefer waren bis zu 100 % der Bäume mehr oder minder stark befallen. Auch ESCHERICH (1923) schreibt diesbezüglich: "...kein frischer Trieb der nicht die Fraßspuren des Käfers gezeigt hätte."

Aus der Versuchsbeschreibung von LÜDGE ist nicht ersichtlich, ob die Zweige der süddeutschen Tieflands- oder Schwarzwälder Höhenkiefer in gleichen oder getrennten Behältern den Käfern dargeboten wurden. LÜDGE unterschied zwischen schwachem Schaden, wenn bis zu 50 % der Triebrinde, und starkem Schaden wenn mehr als 50 % der Rinde befallen waren.

Meinen Untersuchungen legte ich eine etwas differenziertere Schadensskala zugrunde, wobei der Schaden stets von der Triebspitze beginnend taxiert wurde:

bis 10 % der Trieblänge befallen	---	schwach
bis 30 % " " "	---	mittel
bis 50 % " " "	---	stark
über 50 % " " "	---	sehr stark.

Als praktisch resistent gegenüber Luperus-Fraß erwies sich die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*). Weder im Freiland noch im Labor wurden jemals Triebe ernsthaft befallen. Die selten zu beobachtenden winzigen Scharten an Nadel oder Rinde möchte ich als "Probierfraß" deuten. Die Käfer verhungern lieber, als diese Nahrung anzunehmen.

Gänzlich anders verhielt es sich bei der Strobe (*Pinus strobus*). Aus meinen Beutelversuchen am lebenden Baum sowie aus Laborversuchen geht hervor: Die sowohl am stärksten befallene, als auch

am empfindlichsten reagierende Baumart, ist die Strobe.

Die, verglichen mit der Weißkiefer, wesentlich größere Empfindlichkeit der Strobe beruht sicher zum wesentlichen Teil auf der morphologischen Beschaffenheit. Der Trieb und die auf ihm sitzenden Nadeln sind sehr zart, sodaß ihre Verwundung größere Folgen hinterläßt. Stark befallene Triebe hingen oft herab und machten einen welken Eindruck.

Mit 4 weiblichen Käfern eingebeutelte Triebe wurden bei dieser Baumart innerhalb 8 Tagen zum Absterben gebracht. Die Bemerkung NÖRDLINGERS (1859): "Luperus pinicola setzt den handlangen jungen Schossen der Weymuthsföhre stark zu, durch Benagen des Schosses selbst, sowie der Nadeln. Ersterer verliert Harz und leidet darunter. Die Nadeln dagegen röthen sich, wie wenn Feuer darüber gegangen wäre", fand damit ihre Bestätigung.

Weitere, *Luperus pinicola* zur Nahrung dienende Kiefernarten sind die Moorspirke (*Pinus montana* var. *rotundata*) sowie die eigentliche Spirke (*Pinus montana* var. *uncinata*).

Inselartige Vorkommen dieser Baumarten im Voralpengebiet wiesen alljährlich das Vorkommen von *Luperus pinicola* auf. Von stärkerem Befall kann jedoch nicht gesprochen werden. Die Käferdichte war stets sehr gering; in den Randpartien stieg sie etwas an.

Genannt werden als Fraßbäume von *Luperus pinicola* in der Literatur noch die Fichte (MAISNER 1974), europäische Lärche sowie Obstbäume (SORAUER 1954).

Bei meinen Freilanduntersuchungen wiesen Fichte und europäische Lärche nur dann Spuren eines Fraßes auf, wenn sie inmitten stark befallener Kiefernbestände standen. Die Bäume zeigten in solchen Fällen keine optische Veränderung, wie etwa Verfärbung oder Nadelverlust. Eigentliche Schädigungen oder gar Zuwachsverluste sind daher für sie nicht zu befürchten. Sicher handelt es sich auch hier nur um einen Probierfraß. In isolierten Beständen solcher Baumarten, auch auf solchen "standortswiedriger feuchter Wiesen" (SCHMUTZENHOFER 1974), wurde *Luperus pinicola* von mir nicht gefunden.

In Laborversuchen, die mit frischen Trieben von Lärche und Fichte getrennt durchgeführt wurden, zeigte sich die Befallsresistenz dieser Baumarten deutlich.

Pro Trieb wurde ein Käfer angesetzt. Nach drei Tagen waren 4 % der Lärchennadeln sowie die Triebrinde schwach befallen. Die weiche und zarte Nadel der Lärche ist im Unterschied zur Kiefernadel dann teilweise durchlöchert. Die Fichtennadeln waren nur zu 0,5 %, die Triebrinde überhaupt nicht befallen.

Überträgt man die, in diesem Versuch bei ungewöhnlich hoher Käferdichte, gewonnenen Ergebnisse auf natürliche Bestände, so käme selbst dann, weder bei Lärche noch bei Fichte ein nennenswerter Fraßschaden zustande. Der von SORAUER (1954) angeführte Schadfraß an Obstbäumen konnte von mir nicht bestätigt werden. Um welche Obstbaumarten es sich handelte geht aus den Angaben nicht hervor. Meine Versuche beschränkten sich auf je eine nicht näher definierte Sorte von Apfel, Birne und Pflaume. In keinem Fall kam es zu Fraß von *Luperus pinicola* an den Blättern und unreifen Früchten.

Möglicherweise handelt es sich bei oben angeführten Literaturangaben um eine Verwechslung mit den beiden als Obstschädlinge nachgewiesenen *Luperus*-Arten, *L. longicornis* (LEHR- UND FORSCHUNGSANSTALT GEHRSCHEIM 1931/32) oder *L. xanthopus* (MANHARDT 1930).

Angaben über das Alter und die Bonität der befallenen Kiefern sind unsicher und widersprüchlich (siehe auch Kap. 2).

ESCHERICH (1923) schreibt: "*Luperus pinicola* scheint schlechtwüchsige 10 bis 20 jährige Kiefern zu befallen." Auch VIETINGHOFF-RIESCH (1925) meint: "der Befall erstreckt sich im speziellen auf kleine kaum 50 cm hohe, im Konkurrenzfalle unterlegene Pflanzen bis zu solchen die eine normale Höhe von ca. 2 Metern erreicht haben... Einzelstehende, wuchsstockende, oder Vorwüchse mit reichem Astsystem werden bevorzugt befallen."

Wenn auch in jüngerer Literatur fast ausschließlich von befallenen Beständen geringer Bonität die Rede ist, berichtet doch bereits WILLKOMM (1857) von einer in Mitleidenschaft gezogenen jedoch sehr "üppig gewachsenen", etwa 10 jährigen Kiefern-pflanzung. Das entspricht auch meinen Beobachtungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Kiefern jeden Alters (ab 3 bis 4 Jahren) und jeder Bonität befallen werden können. So wurden von mir noch an 60 bis 70-jährigen Bäumen Käfer festgestellt. KANGAS (1964) berichtet sogar von einem Befall an Überhältern, wo-

bei allerdings nicht erwähnt ist, inwieweit diese Bäume geschädigt wurden.

Als ein noch mit Schaden (Triebverbiegung, Triebbräunung) zu bezeichnender Fraß wurde von mir nur bei Weißkiefern bis zum Alter von 25, maximal 30 Jahren festgestellt. Die zahlreichen Literaturangaben, die von Schäden nur bei Jüngeren Kiefern sprechen, sind wohl darin begründet, daß die Gipfeltriebe und oberen Quirle vor allem bei Älteren sowie dicht stehenden Bäumen bevorzugt befallen werden. In dieser Höhe werden aber der kleine Käfer und dessen Folgen, bis zu mittlerer Befallsstärke, leicht übersehen.

An das Institut für Angewandte Zoologie München wurden stark befressene Triebe von Bäumen 1,5 - 2. Bonität eingesandt, was beweist, daß *Luperus pinicola* nicht nur auf Bestände "allgemeiner Wachstumsstörung" beschränkt ist.

Auch in Laborversuchen konnte bei Trieben guter und schlechter Bonitätsherkunft kein Befallsunterschied festgestellt werden.

Nicht die schlechte Bonität, sondern der sie oft verursachende geringe Niederschlag begründet den starken Käferbefall. Ein "frischer" Boden fördert die Überlebensrate der Larven ganz erheblich. Ein, wenn auch nur für kurze Zeit sehr nasses oder gar überflutetes Medium vermindert bzw. vernichtet den Larvenbestand.

So kann aber auch, bei zumindest zeitweise möglichen, reichlichen Niederschlägen, ein stark wasserdurchlässiges Muttergestein (Schotterebene nördlich von München) die Befallsdichte sehr begünstigen.

6.16 Fortpflanzungstätigkeit

6.161 Reifung der Genitalorgane, Partnersuche, Kopulation

Die Reifung der männlichen und weiblichen Genitalorgane ist postmetabol und daher von einem Reifefraß abhängig. Die Dauer desselben ist beim Männchen kürzer als beim Weibchen (Zeit der Eireife mit eingeschlossen).

Männliche Käfer beginnen bereits 5 bis 7 Tage nach der Imaginalhäutung mit der Kopulation, während bis zur Eiablage der Weib-

chen durchschnittlich 28 bis 32 Tage vergehen. Diese Differenz wird jedoch einerseits durch die große Streubreite der Imaginalhäutungen (Ende Mai bis Anfang Juli), welche ein teilweises früheres Schlüpfen der Weibchen (Protogynie) mit sich bringen, sowie andererseits durch die, im Laborversuch nachgewiesene mindestens 9 Tage lange Speicherungsfähigkeit des Spermas ausgeglichen.

Inwieweit bei Insekten die Möglichkeit besteht, daß frühe Kopulationen der Männchen nur Versuche darstellen und nicht zur Befruchtung führen (wie zb. bei Säugetieren) bedarf noch der Klärung.

Der Kopulation geht weder eine "gezielte" Geschlechtersuche, noch ein sich über größere Entfernung erstreckendes Anlocken voraus. Werbung, Balz oder gar Kämpfe zwischen Nebenbuhlern gibt es nicht.

Da der Lebensbereich der Imagines ein relativ kleiner ist (Maitriebe der Kiefer) und einmal befallene Bestände von den meist in Vielzahl auftretenden Käfern lange Jahre heimgesucht werden, ist die Findung der Geschlechter schon auf Grund der Wahrscheinlichkeit gegeben.

Das kopulationsbereite Männchen sucht zwar durch ungerichtetes Umherkriechen ein Weibchen, wird sich aber der Anwesenheit seines Partners erst "bewußt", wenn es sich diesem auf wenige cm. genähert hat. Urplötzlich beschleunigt das Männchen seinen Schritt ganz erheblich, betastet kurz mit seinen Antennen das Abdomen des Weibchens und besteigt dann dessen Rücken. Bei, durch eine transparente Celophanmembran voneinander getrennten verschiedenen geschlechtlichen Käfern, versuchten die Männchen zwar sich den Weibchen zu nähern, folgten ihnen aber nicht, wenn diese auf der Membran entlang liefen. Der Gesichtssinn des Männchens spielt also bei der Kopulation die einleitende, der Geruchssinn die auslösende Rolle.

Die Kopulation findet in der für viele Coleopteren typischen Stellung statt. (Abb. 27).

Das Männchen sitzt auf dem Rücken des Weibchens, klammert sich mit den Tarsen an den Rändern der Elytren fest, biegt das Ende des Abdomens herab und führt den, aus einer distal-schräg zugespitzten, gebogenen, glattwandigen Chitinröhre bestehenden Aedoeagus in die Vagina ein. Die Pygidialöffnungen berühren sich dabei nicht. Ein Teilstück des Aedoeagus ist daher bei lateraler Betrachtung zu sehen.



Abb. 27: Kurz vor der Copula

Die kopulierenden Käfer befinden sich, im Gegensatz zu vielen Vertretern der gleichen Ordnung in einem nur sehr lockerem körperlichem Verband. Die Copula kann jederzeit unterbrochen werden. Oft geschieht das schon bei geringer Beunruhigung. Das Männ. zieht den Aedoeagus einfach ein, verläßt den Rücken des Weibchens und ergreift die Flucht!

Der, für den Befruchtungserfolg ansich nicht günstige lockere Körperverband, sowie die meist geringe Eindringtiefe des Aedoeagus wird durch die sich oft wiederholende Paarung wettgemacht. Ein Männchen begattet mehrere, im Versuch bis zu 11 Weibchen; auch solche die sich schon mit anderen Männchen begattet haben, werden nicht verschmäht. Ob es allerdings bei jeder "Besteigung" zu einer tatsächlichen Vereinigung kommt, ist schwer zu beurteilen, da der Aedoeagus mit bloßem Auge auf eine, die Tiere nicht mehr beunruhigende Entfernung schwer zu erkennen ist.

Die männlichen Käfer lassen sich häufig bis zu einer Stunde und mehr auf dem Rücken des Weibchens spazierentragen, was zu einer gewaltigen Zeitüberschätzung der, in dieser Zeitspanne des öfteren wiederholten Kopulation führen mag. Diesbezüglich gemessene Zeitwerte betrugen von wenigen Sekunden bis zu 8,5 Minuten.

6.162 Eiablage, Eizahl

Obwohl die Eier im Abdomen des Weibchens gleichzeitig heranreifen, erstreckt sich die Ablage derselben im günstigen Temperaturbereich über mehrere (2 - 5) Tage (siehe 7.43.). Der Anlaß dafür mag eine, nach jedem "Schub" nötige Rekonvaleszenz sein.

Das legebereite Weibchen begibt sich zwecks Ablage der Eier zum Erdboden. Die sonst so stark ausgeprägte positive Phototaxis schlägt jetzt in eine negative um.

Bringt man nun ein Weibchen auf eine Tischplatte, wendet sich dies nicht dem Licht zu, sondern versucht sich unter dem nächstgelegenen Gegenstand zu verkriechen.

In natürlicher Umgebung (im Versuch nachgeahmt) sucht es unter aufgeregtem Hin- und Herlaufen, sowie ständigem Tasten mit den Antennen das Dunkel von Rohhumus- oder Erdspalten auf. Eine Tiefe

von 1 bis 2 cm wird dabei nicht unterschritten.

Eine eigentliche Grabarbeit führt der Käfer nicht durch. Dies wäre mit den zarten Tarsen auch kaum möglich.

Die leicht klebrigen Eier werden im Abstand von 30 sec. bis einigen Minuten meist einzeln oder paarweise mit dem teleskopartig ausgefahrenem, distal äußerst fein behaartem Ovipositor an Erdkrümel, verrottende Grashalme und dergleichen geklebt. Die Ablage eines einzelnen Eies dauerte nicht länger als 8 - 12 sec. Graswurzeln, welche den Larven als Nahrung dienen, werden ebenfalls (zufällig ?) als Eiunterlage verwendet.

Feuchtigkeit des Ablagesubstrates ist unbedingte Voraussetzung. "Frischer" Humus wird am meisten bevorzugt. Auf trockener Unterlage (Filterpapier, Quarzsand, Glas) bedeutet die Ablage eines einzigen Eies schon eine Seltenheit. Eine, zumindest mehrere Eier des gesamten Geleges umfassende Noteiablage tritt hier nicht auf.

Die Eier werden meist einzeln oder zu zweien an die Unterlage angeheftet. Mehr als drei aneinander klebende Eier bilden bereits eine Ausnahme. In einem einzigen Falle wurden 14 aneinander haftende Eier gezählt.

Die im Freiland unmöglich zu beobachtende Eiablage (Graswuchs) zeigte im Labor keine Abhängigkeit von der Tageszeit.

Zwischen den einzelnen Schüben begiebt sich das Weibchen wieder auf den Maitrieb und nimmt Nahrung zu sich. VIETINGHOFF-RIESCH (1925): "Ein am 23. Juli untersuchtes Weibchen zeigte an der Vagina bereits die Charakteristischen Corpora lutea, die Eiablage hatte also bereits begonnen. Die Zahl der reifen, noch nicht abgelegten Eier betrug 20".

Die Zeit der Eiablage im Freiland erstreckt sich von Ende Juni bis Anfang August. Der Schwerpunkt liegt im Juli.

Nach der Eiablage stirbt das Weibchen ab. Dies geschieht teilweise schon am Erdboden, teilweise aber auch auf einem, nach der Ablage des letzten Eies noch einmal aufgesuchten Kiefernast. Nahrung wird jedoch keine mehr aufgenommen. Nahezu bewegungslos sitzt das Tier bis zu seinem nahen Ende noch herum.

Nach der Eiablage abgestorbene Weibchen ($N = 100$) zeigten zu 64 % noch Eier im Abdomen. Die Zahlen schwankten zwischen zwei und

21; Der Durchschnittswert der zurückgehaltenen Eier lag bei 5,6.

Die mittlere Eizahl ($N = 100$) beträgt 29 (min. 7; max. 42), die Streuung 8.

Diese Eizahl ist relativ gering; der diesbezügliche Durchschnittswert beträgt bei Insekten einige 100.

Unbefruchtete Eier von im Versuch separat gehaltenen Weibchen entwickelten sich im Abdomen zur vollen natürlichen Größe. Eine Ablage erfolgte selten und auch dann nur in wenigen Stücken; diese wurden bald trüb und starben ab.

Die von der Kopulation ferngehaltenen Weibchen lebten im Verhältnis zu ihren befruchteten Artgenossinnen um 6 bis 10 Tage länger.

Die Menge der Eier zeigte keine Abhängigkeit von der Größe des Weibchens, sondern umgekehrt hing die Größe des Weibchens meist von der Eizahl ab.

Bei zwei ursprünglich gleichgroßen Weibchen schwillt, da die Größe des einzelnen Eies stets ziemlich konstant ist, das Abdomen des Käfers, in dem sich mehr Eier entwickeln, stärker an. Bei Eizahlen von z. B. 37 bzw. 21 ist der Größenunterschied dann deutlich gegeben. Nun rückwirkend, die Menge der Eizahl von der Größe des Käfers abhängig zu machen, ist ein Irrtum.

Bei extrem kleinen Weibchen wurde allerdings in wenigen Fällen völlige Sterilität festgestellt; (Größen der Weibchen: 3,5 bis 3,7 mm).

Die Größe des Weibchens (6,1 mm) mit der max. gemessenen Eizahl von 42 Stück war mir nach der Imaginalhäutung leider noch nicht bekannt; (Freilandfang).

Die Eizahl weist eine beträchtliche Streuung auf (siehe oben). Eine Angabe der absoluten Eizahl (EIDMANN - KÜHLHORN, 1970), d.h. der mittleren Eimenge, die ein, sich unter dem Optimum aller maßgebenden Bedingungen entwickelndes Weibchen produziert, sei mit Vorbehalt gegeben: Im Versuch ($N = 60$) wiederholte sich bei durchschnittlichen Temperaturen von 24 - 26 °C, sowie bester Nahrungsversorgung der Käfer die Eizahl von 34 - 36 insgesamt 24 mal. Der Rest streute jedoch, bis auf eine Ausnahme (38 Eier) erheblich nach unten; (min. 13 Eier).

6.2 Biologie der Larven

Über die Lebensweise der Larven von *Luperus pinicola* war bisher nichts bekannt.

Die Larven leben im Boden und richten keinerlei Schaden an. Ihre Biologie findet daher nur in den mir bedeutsam erscheinenden Grundzügen Erwähnung.

Das Aufsuchen der Larven in natürlicher Umgebung ist mühselig; nicht zuletzt deshalb mag ihre äußere Erscheinungsform bisher unbekannt gewesen sein.

Zur Erlangung der Larven wurden in einem, von Imagines befallenen Bestand mehrere ca. 40 x 40 cm große Grasnarbenstücke ausgestochen. Dies geschah ausschließlich auf lockerem, wenig steinigem Boden. Die Tiefe des herausgehobenen Stückes wurde an Ort und Stelle mit einem Messer auf 3 - 4 cm. reduziert. Die von Graswurzeln durchwachsenen Erdscheiben wurden nun, je nach Feuchtigkeitsgrad, einen oder mehrere Tage getrocknet. Sie sollen leicht zerbröckeln und nicht mehr schmieren. Ein völliges Austrocknen ist zu vermeiden. Über einem Sieb (Maschenweite 4 mm) werden dann die Erdscheiben, mit den Fingerspitzen, von der Grasseite her, vorsichtig zerzupft; (Druck vermeiden !). Das anfallende Humusmaterial wird von etwaigen Steinen, welche die Larven beim Durchsieben verletzen könnten, gereinigt. Das durchgeseiebte homogene Material wird dann mit bloßem Auge nach den etwa (!) anfallenden Larven durchsucht. Diese Suchmethode erfolgt am besten in der Zeit von Ende September bis Mitte Mai, da in diesen Monaten das letzte Larvenstadium auftritt, das wegen seiner Größe (5mm) am leichtesten zu finden ist. Für das erste Larvenstadium ist diese Methode unbrauchbar. (Eine frischgeschlüpfte Larve, die auf eine Nadelspitze gesetzt wird, erscheint dem Auge als winziger Punkt.) Durch etwaige, anfängliche Mißerfolge, lasse man sich nicht entmutigen. Es sind mit Sicherheit Larven zu finden. Pro m² wurden von mir zwischen 12 und 114 Exemplaren ausfindig gemacht.

Wird man vor dem Durchsieben, beim Zerbröckeln der Erde schon Larven gewahr, so entferne man diese sofort und lege sie separat. Bei den sich anschließenden Versuchen ist ihr ökologischer Aussagewert größer als von Material, dessen Disposition sich durch etwaige, beim Sieben aufgetretene Verletzungen nachteilhaft geändert hat.

6.21 Vorkommen

Der Ort des Larvenauftretens ist stets die oberste Erdschicht der, von den Imagines befallenen Beständen. In vertikaler Richtung unterschreitet die Larve eine Tiefe von 15 - 25 mm nicht. Ca. 80 % der Larven hielten sich in einem Tiefenbereich von 2 - 10mm auf.

Gleich den Imagines führen auch die Larven keine eigentliche Grabarbeit durch.

Ihr Lebensbereich ist meist die nähere Umgebung des Eiablageplatzes (lockerer Humus). Feste oder steinige Bodenpartien weisen eine sehr geringe Larvendichte auf. Staunasse Böden werden gemieden (geringer Befall der oberbayrischen Filze). Umgepflügte waserdurchlässige, mit Kiefern aufgeforstete Ackerböden (Schleißheim; Isarauen bei Freising) sind hingegen der wahre Demotop für eine Larvenpopulation.

6.22 Fortbewegung

Innerhalb des 1. Larvenstadiums ist die Larve am mobilsten. Wenn überhaupt, so ist die Larve meist nur in dieser Zeit gezwungen sich den, für das restliche Larvendasein ausreichenden Ort der Nahrungsaufnahme zu suchen.

Beim Gang stützt der Nachschieber (Postpedes; Abb.17) die Larve nach hinten ab; Caput, Thorax und die ersten Abdominalsegmente bewegen sich vorwärts. Während sich dann die Beine des Thorax festhalten, ziehen die proximalen Abdominalsegmente nach, und der Nachschieber stützt sich wieder ab usw.

Die folgenden Larvenstadien, besonders das 4. und 5. , sind wesentlich unbeweglicher und träger. Es bedarf meistens eines starken Reizes von außen (plötzliche Temperaturerhöhung, helles Licht, Berührung) um die Tiere zu einer Fortbewegung zu veranlassen.

6.23 Ernährung

Die Nahrung der Larve besteht aus den feinen Saugwurzeln der Gräser. Fast ausschließlich werden nur die haarfeinen Wurzelspitzen befressen;

Die zur Graspflanze proximalen, dickeren Wurzelabschnitte werden verschmährt.

Keinesfalls angenommen werden jedoch Kiefernwurzeln irgendwelcher Größe und Art. Larven, welche in, nur mit frischen Kiefernwurzeln gefüllte Gefäße gesetzt wurden, verhungerten.

Zur Fraßmenge detaillierte Angaben zu machen, ist mir auf Grund der versteckten Lebensweise, sowie der schwierigen Laborhaltung nicht möglich:

Das phototaktische Verhalten ist zu 100 % negativ. Die Tiere verkriechen sich schon bei schwachem Tageslicht. Eine genaue Beobachtung der Verhaltensweise ist also unter dem hellem Licht einer Mikroskopierlampe ausgeschlossen.

Das, die Beobachtung sehr erleichternde Ansetzen der Larve an einer einzigen Graswurzel bringt keinen Erfolg. Auch in einem dunklen Gefäß wird die Wurzel von der Larve verlassen, da sich diese nur wohl zu fühlen scheint, wenn sie von einem körpernahem, schützendem Medium (frischer Humus) umgeben wird.

Es bleibt also nur die Möglichkeit, die Tiere in ein, mit feinen, ausgewaschenen Saugwurzeln gefülltes Gefäß zu geben, oder die Larven direkt auf durchwurzelten Humus zu setzen. Erste Möglichkeit ist für den Beobachter günstiger, zweite für die Larve: Befindet sich die Larve in reinem Wurzelsubstrat, so kann bei schwachem Licht wenigstens die Nahrungsaufnahme teilweise beobachtet werden. Mit den scharfen Mandibeln werden nur die feinsten Wurzeln, meist unmittelbar am vegetativen Pol beginnend befreissen.

Die Larve benötigt stets frische, und vor allem feuchte Nahrung; Wurzelspitzen, die einige Tage alt, oder gar trocken sind, eignen sich nicht mehr.

Der Nachteil dieser Methode ist, daß sich besonders die Larven, des ersten Stadiums leicht in den, zur Wurzelbefeuchtung nötigen, kleinen Wassertropfen verfangen; dies geschieht bevorzugt an der Gefäßwand und bedeutet das baldige Ende der Larve.

Außerdem müssen die Tiere wegen der erwähnten Ansprüche an die Nahrungsqualität möglichst täglich umgesetzt werden. Abgesehen von der zeitraubenden Arbeit, besonders bei den, auch im kleinen Versuchsgefäß teilweise schwer ausfindig zu machenden glasartig transparenten Larven des ersten Stadiums, bringt die stete Störung, eine

zu Freilandverhältnissen wesentlich längere Entwicklungsdauer, sowie hohe Mortalität mit sich.

In diesem Zusammenhang sei an die körperlich wesentlich größere und robustere Maikäferlarve (Engerling) erinnert, deren Laborzucht bei bekannten Nahrungsansprüchen zwar oft versucht wurde, meines Wissens bisher jedoch noch nie glückte.

Günstiger für die Larvenentwicklung von *Luperus pinicola* ist die Haltung in einer größeren, (10 x 10 x 2 cm) fein durchwurzelten, lebenden Grasnarbe. Eine laufende Beobachtung ist dort zwar so gut wie ausgeschlossen; Die Larven zeigten hier jedoch, vorausgesetzt sie werden alle 8 - 10 Tage umgesetzt, einen Entwicklungsgang, der sich mehr an dessen zeitlichen Ablauf im Freiland anpasst.

6.24 Apparenz der Larvenstadien im Freiland

Die Larven schlüpften unter durchschnittlichen Freilandverhältnissen in der Zeit vom 15. Juli bis 25. August. (Imaginalhäutung: Ende Mai bis Anfang Juli; Dauer der Eireife im Abdomen: 28 bis 33 Tage; Dauer der Eientwicklung bei 20°C 17 bis 20 Tage).

Übersicht 2 veranschaulicht die durchschnittliche Entwicklungsdauer der einzelnen Larvenstadien im Freiland.

A) Zeitliche Entwicklung früh (Mitte Juli) geschlüpfter Larven

	Tage (M)	Min.	Max.
Larvenstadium L ₁	9	8	11
L ₂	9	8	11
L ₃	10	9	13
L ₄	13	11	16
L ₅	ca. 50 Tage bis zur Diapause (Mitte Okt.)		

B) Zeitliche Entwicklung spät (Ende August) geschlüpfter Larven

	Tage (M)	Min.	Max.
Larvenstadium L ₁	9	8	11
L ₂	10	8	12
L ₃	12	10	15
L ₄	ca. 20 Tage bis zur Diapause (Mitte Okt.)		

Die Werte wurden durch allwöchentliches, bzw. 10-tägiges Aufsuchen der Larven in natürlicher Umgebung, sowie Auswertung der Ergebnisse von Laborzuchten gefunden; bei diesen wurden die Temperaturen den, für das jeweilige Larvenstadium geltenden Freilandsdurchschnittstemperaturen in ein cm Bodentiefe angeglichen. (Juli 18,31 °C; August 16,96 °C; September 13,62 °C; Oktober 7,8 °C; SCHUBERT 1930)

Unterschieden wurde zwischen dem Entwicklungsablauf von früh (Mitte Juli) und spät (bis ca. 25. August) geschlüpften Larven. Erstere bilden, da ihnen eine um ca. 40 Tage längere Entwicklungszeit zur Verfügung steht, ein 5. Larvenstadium aus. Spätgeschlüpfte Larven zeigen nur 4 Entwicklungsstadien.

Die Nahrungsaufnahme der Larven hört bei einer Temperatur von ca. 9 °C auf; diese wird im Freiland in ein cm Erdtiefe durchschnittlich Mitte Oktober erreicht.

Die Überwinterung findet in einer kleinen, glattwandigen, runden Erdkammer statt, die sich ebenfalls nicht in tieferen Erdschichten befindet, sondern von der Larve am Ort ihrer letzten Nahrungsaufnahme angefertigt wird.

Wie aus Übersicht 2 ersichtlich, ist die Disposition der einzelnen Larven zu Beginn ihrer Überwinterung unterschiedlich. Früh, bzw. durchschnittlich geschlüpfte Larvenstadien (L₅) sind "energiereicher" als die nur 4 Entwicklungsstadien aufweisenden, spätgeschlüpfte Tiere. Die Vitalität und Überlebenswahrscheinlichkeit letzterer ist daher, besonders bei regenreichem kühlem Herbst gering.

Die Überwinterungsrate von, im Freiland ein cm tief eingegrabenen L₅ und L₄ Larven betrug 94 bzw. 23 % (L₅, N = 48; L₄, N = 52). Da aber, mindestens 90 % der Weibchen ihre Eier bis Ende Juli abgelegt haben, ist der Anteil der nicht überlebenden L₄ Larven an der gesamten Population gering, so daß die durchschnittliche Überwinterungsrate der Larven im Freiland bei etwa über 90 % liegt. (Siehe auch 8.52).

6.25 Latenz

Der Latenzzustand, in dem sich die, im Freiland überwinternde Larve befindet, dauert durchschnittlich von Mitte Oktober bis Ende April, Anfang Mai.

Ob es sich hierbei um eine Quieszenz oder Diapause handelt, mag an folgenden Definitionen und Laborversuchen erläutert werden. Die Quieszenz ist bekanntermaßen ein unmittelbar von ungünstigen Temperaturen, Feuchtigkeitsverhältnissen usw. abhängiges Ruhestadium (Entwicklung Bewegung), welches bei sich verbessernden Umweltsbedingungen jederzeit unterbrochen wird.

Zur Diapause schreibt Eidmann-Kühlhorn (1970): "Während dieser Zwischenruhe findet eine Herabsetzung des Grundumsatzes der Atmungs- und Fermentaktivität und der Sterblichkeit, sowie eine Verminderung der Beweglichkeit statt. Vielfach ist der Wassergehalt stark verringert und es kommt im Zusammenhang damit zu einer Erhöhung des Fettgehaltes.. Das ist besonders bei Latenzstadien der Fall, die sich durch eine große Widerstandsfähigkeit gegen tiefe Temperaturen auszeichnen."

Die hier angeführten Kriterien treffen auch bei der Larve von *Luperus pinicola* zu, sind aber meines Erachtens nicht nur obligatorisch mit einer Diapause verbunden, sondern stellen ebenfalls die notwendige Voraussetzung zum bloßen Überleben - ob Diapause oder Quieszenz - bei der im Freiland mindestens 6,5 Monate dauernden Latenz dar.

Keler S. (1963): Zur Diapause: Ein Zustand des verborgenen Lebens mit Einstellung sämtlicher äußerer Lebenserscheinungen. Schwerdtfeger (1963): Unter Diapause versteht man einen Stillstand der Entwicklung eines Tieres, für den die jeweiligen Umweltverhältnisse nicht unmittelbar verantwortlich gemacht werden können.

Laborversuch: Von Mitte Oktober bis Anfang Mai wurden dem Freiland insgesamt über 400 Larven entnommen und teilweise im Temperaturversuch angesetzt. (5°C , N = 40; 10°C , N = 40; 15°C , N = 50; 20°C , N = 50; 25°C , N = 50; 30°C , N = 50).

Da die Larven, unabhängig davon, in welchem Wintermonat sie ins Labor gebracht wurden, bei normaler Raumtemperatur (ca. 20°C) bereits nach ein bis zwei Minuten geortete Fortbewegungen (Licht - Schatten; Trockenheit - Feuchtigkeit) ausführten, lag der Verdacht auf Quieszenz nahe, (Diapause; EIDMANN - KÜHLHORN: ... Verminderung der Beweglichkeit. KELER... Einstellung sämtlicher äußerer Lebenserscheinungen) der sich im Laborversuch jedoch nicht bestätigte! Eine Entwicklung der Larve zur Puppe fand, bis einschließlich Februar in keiner der oben angeführten Temperaturstufen statt. Die erwähnten Bewegungen der Larven hörten, auch bei Temperaturen über 20°C , nach 2

bis 3 Tagen auf.

Die meisten Larven bauen sich innerhalb dieser Zeit (bis zu 30°C) wieder eine glattwandige kleine Überwinterungskammer, in der sie unter Beibehaltung der Temperaturen von 15 bis 30°C, nach 6 bis 7 bzw. 3 Wochen abzusterben beginnen. Bei 10°C ergab sich, bei 40 angesetzten Larven eine Überwinterungsrate von 67 % (N = 27). Eine noch höhere Überwinterungsrate wurde bei 5°C (N = 40) erreicht. Im März bzw. April konnte nach entsprechender Temperaturerhöhung (siehe 7.2) ein Verpuppungsprozent von 85 (N = 34) erreicht werden. Das gleiche gilt für Larven, die bereits im März dem Freiland entnommen wurden; auch sie verpuppten sich in der für die jeweilige Temperatur typischen Zeit.

Zusammenfassung: Die Larve von *Luperus pinicola* benötigt vor ihrer Verpuppung eine obligatorisch mehrere Monate dauernde Diapause, (siehe Definition von SCHWERTFEGGER, 1968) welche an Temperaturen von 10°C abwärts gebunden ist. Ein Unterschreiten des Gefrierpunktes erweist sich nicht als nötig, wird aber, im Labor, bis zu -8°C überstanden.

Im Gegensatz zu vielen anderen Insektenstadien (zB. Eiraupe der Nonne) führen Temperaturen, bei denen nach vollendeter Diapause die Weiterentwicklung stattfindet, während der Diapause zum Absterben der Larve.

Ein Überliegen der Larve tritt grundsätzlich nicht auf. Sich im Freiland, wie im Labor nicht verpuppende Larven sterben ab.

6.3

Biologie der Puppe

Die Verpuppung findet am gleichen Ort wie die Überwinterung statt.

Die Zeitspanne des Verpuppungsbeginns reicht im Freiland von Anfang Mai bis Mitte Juni.

Die, der Larve (L5) als Überwinterungsraum dienende, kleine glattwandige Erdkammer dient zugleich als Puppenwiege. Während der gesamten Verpuppungsdauer liegt die Puppe in leichter Schrüglage (Abdomenende etwas höher als der Kopf) auf dem Rücken. Die an den Knien, sowie dem Abdomenende sitzenden Stemmborsten ermöglichen ein Einspreitzen; eine, aus dieser Lage gebrachte Puppe, verschafft sich

ihre ursprüngliche Rückenlage mit Hilfe des beweglichen Abdomens in kurzer Zeit wieder. Überraschen mag die im Freiland auftretende lange Zeitspanne des Verpuppungsbeginns (ca. 6 Wochen).

Diese erklärt sich jedoch durch:

1. Große individuelle Variabilität der Larven;
2. Nochmalige Nahrungsaufnahme der L4 Stadien;
3. Große Unterschiede im Mikroklima des Bodens.

Zu 1: Bei Larven gleicher Fundorte streute der Verpuppungsbeginn erheblich (bis zu 2 Wochen), die Verpuppungsdauer wesentlich weniger (einige Tage; siehe 7.3).

Zu 2: Bei dem, bis zur Verpuppung gelangenden Teil der, im Vorjahre spät geschlüpften L4 Larven kommt es vor der Verpuppung zu nochmaliger Nahrungsaufnahme. Eine Häutung der L4 zu L5-Larven ist nach der Überwinterung im Frühjahr der Verpuppung nicht mehr gegeben. L5-Stadien nehmen nach der Überwinterung keine Nahrung mehr auf. Im feuchten Quarzsand gehaltene Larven verpuppten sich zu 94 % (Temp. 20°C)

Zu 3: Das Mikroklima der obersten cm des Bestandesbodens zeigt, an nur kurze Entfernung auseinanderliegenden Meßstellen, oft beträchtliche Temperaturunterschiede. (SCHUBERT, 1930; KREUZ 1943). Diese bedingen nicht zuletzt das große zeitliche Auseinanderliegen des Verpuppungsbeginns.

So übertreffen die Temperaturen der obersten cm der Erdoberfläche an sonnenbeschienenen, trockenen Bestandesrändern die Lufttemperatur oft um mehr als 50 %; Im Bestand gelegene, beschattete, feuchte Partien der Erdoberfläche, welche im Frühjahr teilweise von einer dichten Isoliermatte Schneegeknickter Grashalme bedeckt sind, weisen Temperaturen auf, die beachtlich unter dem durchschnittlichem Tagesmittel liegen (40 % und darunter).

Der Verpuppungsbeginn und das Erscheinen der Imagines in den Jahren 1973/74, möge in Abhängigkeit von der jeweils herrschenden Lufttemperatur (Tagesmittel) erläutert werden. Dies geschieht bewußt im Abschnitt "Biologie", da ich den ,alljährlich im Freiland ablaufenden natürlichen Entwicklungsgang mehr der Biologie als der Ökologie zuordnen möchte.

Ich bin mir jedoch darüber im Klaren, daß die in Übersicht 3 und 4 angegebenen Freilandbeobachtungen nur "tendenziöse" Rahmenvorstellungen ermöglichen, die erst im Zusammenhang mit ökologischen Laborversuchen genauer präzisierte Aussagen erlauben.

15.4.1973 : 2,2°C	1.5.1973 : 20,4°C	17.5.1973 : 10,8°C
16.4. 3,3	2.5. 17,0	18.5. 11,7
17.4. 3,7	3.5. 16,2	19.5. 17,2
18.4. 3,7	4.5. 18,1	20.5. 15,4
19.4. 2,0	5.5. 19,5	21.5. 16,3
20.4. 1,1	6.5. 9,7	22.5. 17,4
21.4. 2,0	7.5. 10,7 <u>Puppe</u>	23.5. 16,7
22.4. 6,4	8.5. 6,2-	24.5. 13,8
23.4. 9,3	9.5. 6,8-	25.5. 11,3
24.4. 6,9	10.5. 10,0	26.5. 12,8
25.4. 6,1	11.5. 8,3-	27.5. 15,1
26.4. 6,3	12.5. 7,7-	28.5. 16,1 Imago
27.4. 10,0	13.5. 11,0	29.5. 16,0
28.4. 12,6	14.5. 15,4	30.5. 16,1
29.4. 13,1	15.5. 10,6	31.5. 17,6
30.4. 15,2	16.5. 10,8	

Übersicht 3: Freilandergebnisse (1973); Tagesmittel der Temperatur

Entwicklung der Larve zur Puppe: -----

Entwicklung der Puppe zur Imago: -----

Mit - gekennzeichnete Tagesmittel wurden der Berechnung nicht zugrunde gelegt (kleiner als der Entwicklungsnulldpunkt)

Freilandergebnisse von 1973 (Übersicht 3, Seite 62)

Zum Verständnis muß gesagt werden, daß die Entwicklung der Larve zur Puppe im Labor bei 10 - 11°C beginnt (jedoch keine Imaginalhäutung bei dieser Temperatur).

A. Entwicklung der Larve zur Puppe (In der Temperaturübersicht durch ----- gekennzeichnet)

Am 7.5.73 wurden die ersten Puppen im Freiland gefunden.

Das Verhältnis der gefundenen Larven zu den Puppen war 76: 2. Vom 27.4. bis 7.5. herrschte erstmals in diesem Jahr durchgehend sehr milde Witterung; 8.5. und 9.5. waren mit 6,2 bzw. 6,8°C (Tagesmittel) sehr kühl, so daß diese Tage, einschließlich des 7.5. (Fundtag) nicht gewertet wurden. Am 4.5.73 waren noch keine Puppen gefunden worden.

Temperatursumme der Tagesmittel: 27.4. bis 7.5.: 163°C

Durchschnittliches Tagesmittel: 14,8°C

Die durchschnittlichen Tagesmittel werden angegeben um Vergleiche zu entsprechenden Laborversuchen zu haben (7.2.)

Thermalkonstante der Tagesmittel (nach BLUNCK): C = 58

B. Entwicklung der Puppe zur Imago (In der Temperaturübersicht durch ————— gekennzeichnet)

Am 28.5.73 wurden die ersten Imagines beobachtet.

Temperatursumme der Tagesmittel: 7.5. bis 28.5.: 227°C

Durchschnittliches Tagesmittel: 13,3°C

Thermalkonstante der Tagesmittel (nach BLUNCK): C = 65

15.4.1974 : 3,4°C	1.5.1974 : 8,1°C	17.5.1974 : 11,6°C	1.6.1974 : 11,6°C
16.4. 1,6	2.5. 5,7	18.5. 14,2	2.6. 13,1
17.4. 0,7	3.5. 12,6	19.5. 14,6	3.6. 16,4
18.4. 2,4	4.5. 10,4	20.5. 15,2	4.6. 17,3
19.4. 3,7	5.5. 7,2	21.5. 14,9	5.6. 18,7
20.4. 5,8	6.5. 5,4	22.5. 12,0	6.6. 13,8
21.4. 5,0	7.5. 4,6	23.5. 6,7	7.6. 7,7
22.4. 5,2	8.5. 7,0	24.5. 8,4	8.6. 12,0
23.4. 8,2	9.5. 8,4	25.5. 9,6	9.6. 8,3 Imago
24.4. 5,6	10.5. 11,4	26.5. 12,4	10.6. 8,9
25.4. 3,8	11.5. 8,9	27.5. 15,5	11.6. 8,8
26.4. 2,8	12.5. 12,1	28.5. 11,8	12.6. 7,9
27.4. 7,6	13.5. 13,9	29.5. 13,4	13.6. 7,2
28.4. 10,1	14.5. 9,8	30.5. 17,2	14.6. 12,2
29.4. 11,4	15.5. 10,1	31.5. 15,7	15.6. 14,5
30.4. 9,8	16.5. 11,4		

Übersicht 4: Freilandergebnisse (1974): Tagesmittel der Temperatur

Entwicklung der Larve zur Puppe: -----

Entwicklung der Puppe zur Imago: -----

Mit - gekennzeichnete Tagesmittel wurden der Berechnung nicht zugrunde gelegt.
(kleiner als der Entwicklungspunkt)

Freilandergebnisse von 1974

A. Entwicklung der Larve zur Puppe(in der Temperaturübersicht durch -----gekennzeichnet)

Am 22. 5. 74 wurden die ersten Puppen im Freiland gefunden(sehr kühles Frühjahr).Das Verhältnis der gefundenen Larven zu den Puppen war 113:4. Die vom 1. bis 13. April herrschende milde Witterung schien auf den Verpuppungsbeginn noch keinen Einfluß genommen zu haben("Zögern" der Entwicklung bei sehr frühen, milden Temperaturen?)Vom 14. bis 27. April erfolgte ein Temperatursturz, der jegliche Weiterentwicklung unterband.

Die, den Verpuppungsbeginn induzierende Zeitspanne liegt zwischen dem 28. April und 21. Mai.

Temperatursumme der Tagesmittel : 28. 4. bis 21. 5. : $193,5^{\circ}\text{C}$. Diese, sich aus den Durchschnittswerten von 16 (brauchbaren) Tagen ergebende Temperatursumme übertrifft die vergleichbare Zahl des Vorjahres (163°C) um 19% , was durch die teilweisen starken Temperaturschwankungen der Einzeltage begründet sein mag.

Durchschnittliches Tagesmittel: $12,1^{\circ}\text{C}$

Termalkonstante der Tagesmittel (nach Blunck) : $C = 41,6$

B. Entwicklung der Puppe zur Imago(Temperaturübersicht durch ——— gekennzeichnet)

Am 9. 6. 74 wurden die 1. Imagines beobachtet.

Temperatursumme der Tagesmittel: 21. 5. bis 9. 6.: $225,3^{\circ}\text{C}$

Durchschnittliche Tagesmittel: $13,9^{\circ}\text{C}$

Termalkonstante der Tagesmittel (nach BLUNCK): $C = 73$

Zusammenfassung: 1973 lag der Verpuppungsbeginn um den 7. Juni, 1974 um den 22. Juni, also 15 Tage später.
Die ersten Imagines wurden 1973 am 28. Mai, 1974 am 9. Juni, also 12 Tage später gesehen.

Die Termalkonstanten der Jahre 1973/ 74 (65 bzw. 73) müssen im Zusammenhang mit den ökologischen Versuchen (7. 2. ; 7. 3.) gesehen werden. Die Werte liegen hier höher, was besagt, daß die früh geschlüpften Imagines - da sich die Werte aus durchschnittlichen Tagesmitteln errechnen - an mikroklimatisch günstig gelegenen Bodenpartien entwickelten (Bodentemperatur hier höher als Lufttemperatur).

Wie gesagt, handelt es sich hier nur um Verpuppungs- bzw. Imaginalhäutungsbeginne. Der weitere diesbezügliche Entwicklungsablauf ist im Freiland unmöglich zu beurteilen, da die laufenden Neuzugänge von den schon vorhandenen Individuen nicht unterschieden werden können.

Die letzten Imagines treten bis in den August hinein auf; da das Alter eines Weibchens ca. 30 Tage beträgt, kann dadurch jedoch rückblickend das Ende der Imaginalhäutung auf Anfang Juli festgesetzt werden

6.4 Gesamtbiologie (Übersicht)

Die Imaginalhäutung von *Luperus pinicola* erfolgt von Anfang Juni bis Anfang Juli.

Das Lebensalter des Weibchens beträgt etwas über 4 Wochen.

Die Eiablage zieht sich von Anfang Juli bis Anfang August hin.

Die Zeit der Eireife beträgt 2 bis 3 Wochen.

Die Larven schlüpfen von Mitte Juli bis Ende August und bilden bis zu Beginn ihrer Winterruhe, ab Mitte Oktober, 4 bzw. 5 Stadien aus.

Die Verpuppung findet im Mai bzw. Juni des Folgejahres statt.

Die Generation von *Luperus pinicola* ist stets einfach.

Ein Überliegen irgendeines Entwicklungsstadiums erfolgt grundsätzlich nicht.

Es ergibt sich folgende Bionomieformel (SCHWERTFEGER 1970)

$$78 - 8,4 / 56 + 67$$

"Als erste wird die Erscheinungszeit des Eies genannt, dann die Larvenzeit, durch einen Minusstrich (Symbol für Larve) von ersterer getrennt; nach einem Schrägstrich folgt die Puppenzeit, sofern ein holometaboles Insekt vorliegt, und schließlich nach einem Pluszeichen (Symbol für ein geflügeltes Insekt), die Imaginalzeit."

Bionomieformeln können nur für solche Insekten gegeben werden, deren Erscheinungszeiten einigermaßen fest abgegrenzt sind, und auch hier ist zu berücksichtigen, daß sie nur Durchschnittsangaben liefern können, die im Einzelfall, besonders durch die Witterung, abgewandelt werden können.

So ist für den Beginn der Imaginalzeit bei *Luperus pinicola* eine witterungsbedingte Abweichung von bis zu zwei Wochen beobachtet worden.

7. ÖKOLOGIE

7.1 Eientwicklung - Temperatur (Feuchtigkeit)

Abb. 28 zeigt die Abhängigkeit der Eientwicklung von der Temperatur.

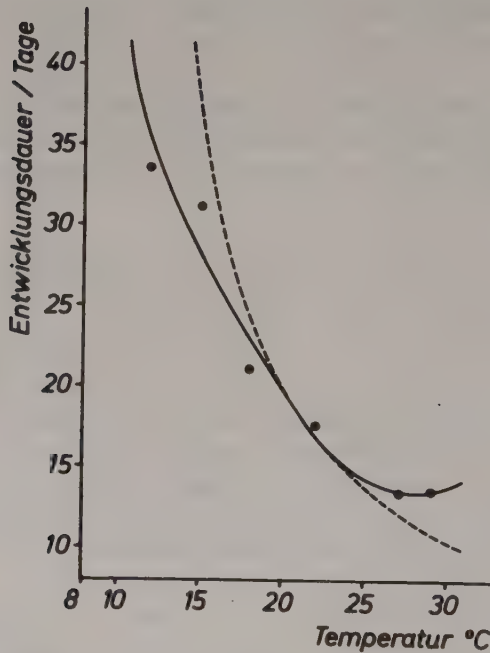


Abb. 28: Eientwicklung - Temperatur

— Laborwerte;

----- BLUNCK'sche Kurve

Im Temperaturbereich von 20 - 24°C stimmten die im Laborversuch gefundenen Entwicklungszeiten mit den nach der BLUNCK'schen (1923) Wärmesummeregeln berechneten Werten überein;

BLUNCK'sche Wärmesummeregeln: $C = t (T - K)$

C = Wärmesumme (Thermalkonstante); t = Zeit (Anzahl der für die Entwicklung benötigten Tage); T = Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ über Null;
 K = Entwicklungsnullpunkt (Temperatur in $^{\circ}\text{C}$);

Bei Temperaturen, die unter 20°C lagen oder 24°C überschritten, wurden die Abweichungen zur BLUNCK'schen Parabel beträchtlich, was folgender Laborversuch veranschaulichen soll:

A) Bei 20°C (Dauertemperatur) beträgt die durchschnittliche Embryonalentwicklung 20 Tage; $K = 9^{\circ}\text{C}$;

Die Thermalkonstante beträgt hierbei 220;

$C = 20 (20 - 9) = 220$; (Übereinstimmung mit der BLUNCK'schen Parabel)

B) Die Embryonalentwicklung der Eier, die bei 10°C 4 Wochen lang (siehe C_1) scheinbar keine Entwicklung zeigten, dauerte bei einer Temperaturerhöhung von 10°C ($T = 20^{\circ}\text{C}$) nur noch 9 - 10 (9,5) Tage; (siehe C_2)

Die sich aus der Addition von der ersten bzw. zweiten Temperaturstufe ergebende Thermalkonstante (C_n) beträgt hierbei 132,5.

$$C_1 = 28 (10 - 9) = 28$$

$$C_2 = 9,5 (20 - 9) = 104,5$$

$$C_1 + C_2 = C_n = 132,5$$

Der Vergleich von 132,5 bzw. 220 zeigt die, nur im engen Temperaturbereich geltende Übereinstimmung der BLUNCK'schen Formel (Werte) mit den tatsächlich gefundenen;

Außerdem wiesen Eier, die über längere Zeit Temperaturen ausgesetzt waren, welche über dem Entwicklungsnullpunkt lagen, nach Temperaturerhöhung eine relativ kürzere Entwicklungszeit ($C = 132,5$) auf, als Eier, welche hohen Dauertemperaturen unterzogen wurden ($C = 220$).

Obwohl die Embryonalentwicklung bei $9,5 - 10^{\circ}\text{C}$ beginnt, konnte ein Schlüpfen der Larven bei diesen Temperaturen nicht beobachtet werden. Die diesbezüglich gefundenen niedrigsten Werte betrugen $14 - 15^{\circ}\text{C}$. Da die Larve im Freiland in den Monaten Juli und August

schlüpft, werden diese relativ hohen Temperaturen leicht erreicht.

Das Maximum der Entwicklungsgeschwindigkeit liegt bei 27 - 28°C (13 - 14 Tage). Die Streubreite (10 - 17 Tage) ist bei diesen Temperaturen jedoch größer, als bei Werten von 20 - 23°C; Die Entwicklungsdauer beträgt hierbei 20 bzw. 15,5 Tage, die Streuungen liegen bei $\pm$ 2 Tagen.

Bei Temperaturen über 25°C nahm, trotz des Minimums der Entwicklungsdauer, die Mortalität zu (8 % der angesetzten Eier). Bei den, mit der BLUNCK'schen Kurve übereinstimmenden Versuchswerten, lag die Mortalität der Eier bei ca. 2,5 %.

Die für eine "gesunde" Entwicklung günstigste Temperatur liegt demnach zwischen 20 und 24°C.

Die Feuchtigkeitsansprüche der Eier sind, je nach Entwicklungsgrad, verschieden.

Bei frisch abgelegten Eiern ist eine relat. Luftfeuchte von 98 - 100 % (feuchtes Filterpapier als Unterlage) unbedingt erforderlich.

Irreversible Trockenheitsschäden treten, infolge des kurz nach der Eiablage noch feuchten und sehr zarten Chorions, leicht auf. Im Laufe der Weiterentwicklung trocknet und erhärtet das Chorion und die Feuchtigkeitsansprüche sinken etwas. Einige Tage vor dem Schlüpfen schadet eine relat. Luftfeuchte von ca. 90 % nicht mehr.

Kurzdauernde "Überflutung" wird gut überstanden. Eier, die 3 Tage in Wasser gelegt wurden, entwickelten sich noch zu 72 %.

7.2 Larvenentwicklung - Temperatur (Feuchtigkeit)

Abb. 29 veranschaulicht die Abhängigkeit der Larvenentwicklung von der Temperatur.

Die, für die Larvenstadien C_{1/2/3/4} gefundenen Werte lagen sehr eng beieinander, sodaß für sie Übersichtshalber eine einzige Näherungskurve gezeichnet wurde. Die Kurven der Jahre 1973 bzw. 1974 veranschaulichen auf Grund der mittleren Tagestemperaturen (siehe Übersicht 3 bzw. 4) berechnete Entwicklungszeiten (BLUNCK'sche Formel). Diese liegen unter den Werten, die sich bei Larven

(nach der Überwinterung) im Laborversuch ergaben. Daraus muß gefolgert werden, daß die Entwicklung im Labor länger dauert (Störungen) als die, unter gleicher Durchschnittstemperatur ablaufende Freilandentwicklung oder, daß die Tagesmittel der Freilandtemperatur nur einen ungefähren Anhaltspunkt für die Entwicklungsdauer geben, da wie erwähnt, das Mikroklima der obersten Erdschicht teilweise beträchtlich über oder unter der Außentemperatur liegt.

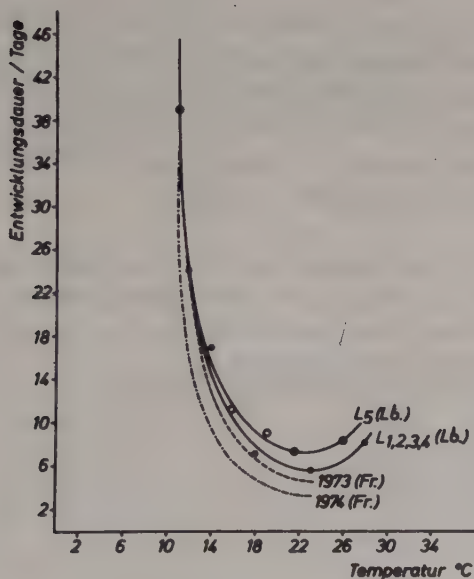


Abb. 29: Larvenentwicklung - Temperatur

Lb = Laborzuchten

Fr = Freilandswerte (1973/74)

Die, für die Verpuppung von L5 im Laborversuch ermittelte Wärmesumme beträgt 94,5.

Setzt man die langjährige mittlere Bodentemperatur (1 cm Tiefe) des

Septembers ($13,62^{\circ}\text{C}$) in die BLUNCK'sche Formel, so ergibt sich:

$$C = 30 (13,62 - 9,5) = 123,6$$

Die Thermalkonstante des Septembers würde also ohne weiteres für eine Verpuppung ausreichen. Da dies jedoch grundsätzlich nicht geschieht, ist die Notwendigkeit der während des Winters eingeschalteten Latenz bewiesen.

Die Toleranz hinsichtlich Feuchtigkeitsschwankungen ist gering. Wenn auch die Eilarve bei ca. 75 % relat. Luftfeuchtigkeit noch schlüpft, bedeutet die Beibehaltung dieses Wertes doch ihr baldiges Ende.

Bei einer relat. Luftfeuchte von 40 - 50 % starben sämtliche Larven innerhalb weniger Stunden ab. Auch bei 80 - 90 % relat. Luftfeuchte ist eine Weiterentwicklung nicht möglich.

Die für eine optimale Entwicklung nötige, relat. Dauerfeuchtigkeit der Luft beträgt 98 - 100 % (stets feuchtes Filterpapier oder "frischen" Humus für Zuchten verwenden)

Hier sei auch erwähnt, daß die Feuchtigkeitssortung der Larven sehr groß ist. In einer, mit trockener Erde gefüllten Petrischale ($\varnothing$ 30 cm), werden wenige qcm befeuchteten Substrats von sämtlichen Tieren nach kurzer Zeit aufgesucht.

7.21 Aktivitätsstufen der Larven

Das Schema der, aus Abb. 30 ersichtlichen Aktivitätsstufen (EIDMANN - KUHLHORN, 1970) der Larven, sei kurz erläutert:

1. Kältestarre (Muskeltätigkeit nicht mehr möglich)
2. Zone der untergeordneten Bewegungen (Ortsbewegungen finden nicht statt)
3. Verminderte Aktivität (geordnete, wenn auch langsame Schreitbewegungen)
4. Normale Aktivität (normale Schreitbewegungen; Flugbewegung)
5. Gesteigerte Aktivität (Ruhelosigkeit)
6. Obere Grenze der ungeordneten Bewegungen (Nachlassen der Beweglichkeit, Beginn von Wärmeschädigungen)
7. Wärmestarre (Hitzestarre, Muskeltätigkeit nicht mehr möglich, rascher Wärmetod)

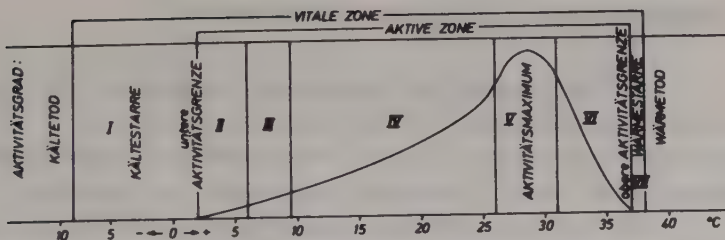


Abb. 30: Aktivitätsstufen der Larve

Im Vergleich zu Aktivitätsstufe der Imago (7.44) besitzt die Larve eine breitere vitale Zone, bedingt durch die von -2 bis ca. -9°C reichende Kältestarre, die das Überwintern ermöglicht.

Auch die aktive Zone ist nach links verlagert, was bei den im Erdboden lebenden Larven nicht überrascht.

Die bis ca. -9°C reichende Kälteresistenz (82 % der Larven starben innerhalb 12 Tagen bei -10 - -11°C ab; (Trockenheitsschäden ?)) mag auf den ersten Blick gering erscheinen. Wie erwähnt, Überwintern die Larven in den obersten mm der Erdschicht; Die Lufttemperaturen unterschreiten jedoch sowohl in unserem Raum, als auch in weiten Teilen des gesamten Verbreitungsgebietes (Finnland) -9°C oft erheblich.

Eine schützende Schneedecke, oder der Erdoberfläche anliegende, umgeknickte Grasschicht, schwächt die Temperaturabstrahlung der Erde jedoch bekanntermaßen erheblich ab.

Die langjährige, durchschnittliche, minimale Bodentemperatur Deutschlands beträgt im Januar, gemessen auf unbedecktem (!) Boden $-0,27^{\circ}\text{C}$ (1 cm Bodentiefe; SCHUBERT, 1930).

Eine ernsthafte Gefährdung der Überwinternden Larven durch niedrige Bodentemperatur dürfte also eine Ausnahme sein.

7.3 Puppenentwicklung - Temperatur (Feuchtigkeit)

Aus Abb. 31 geht die Entwicklung der Puppe bis zur Imaginalhäutung, in Abhängigkeit von der Temperatur, hervor.

Die enge Angleichung an die, nach der BLUNCK'schen Wärmesummeregels gezeichneten Parabel (geschildert gezeichnet) ist auffällig.

Obwohl der Entwicklungsnullpunkt bei ca. 10°C liegt, konnte der Häutungsbeginn (5 %; $N = 60$) erst bei 13°C beobachtet werden (Puppendauer hier 27 Tage).

Die geringste Mortalität lag im Gegensatz zur Larvenentwicklung, im engen Bereich der maximalen Entwicklungsgeschwindigkeit (4 %; $N = 60$; 25°C ; 8 Tage).

Bei Temperaturen von 18 - 24°C war die Mortalität ebenfalls gering, (6 %; $N = 50$).

Überschreitet man im Versuch jedoch Werte von 25°C , so steigt sowohl die Streubreite der Entwicklungszeiten (minus 5, plus 4

Tage; 29°C), als auch die Mortalität (67 %) sprunghaft an.

Die Entwicklungszeiten des Puppenstadiums zeigten, im Vergleich zur Ei- und Larvenentwicklung, größere Streuungen.

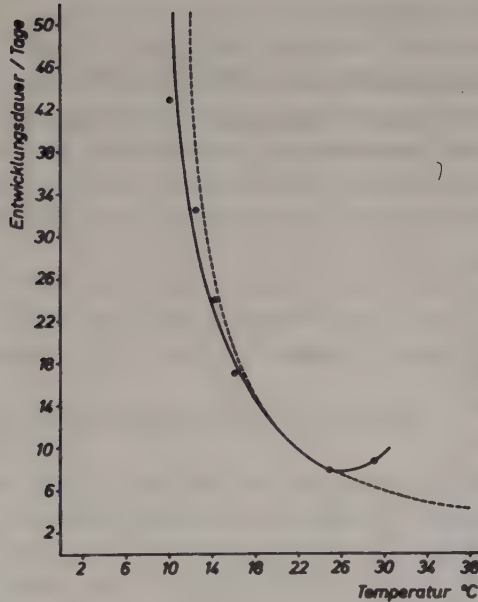


Abb.31: Puppenentwicklung - Temperatur

Laborwerte:—————
BLUNCK'sche Parabel:-----
Mittelwerte°

Puppen, welche im gleichen morphologischen Entwicklungsstadium (elfenbeinfarbenes Integument; Augen noch keine Spuren der Pigmentierung) bei Temperaturen von 19 - 25°C angesetzt wurden, zeigten Entwicklungsunterschiede von 3 - 7 Tagen.

Eine unterschiedliche Entwicklungszeit von Männchen und Weibchen

wurde nicht festgestellt.

Die Feuchtigkeitsansprüche der Puppe sind etwas geringer als die der Larve. Das Minimum, der zur Imaginalhäutung nötigen relat. Luftfeuchte liegt bei ca. 90 %.

Bei einer durchschnittlichen, relat. Zimmerluftfeuchtigkeit von 50 - 60 % vertrocknen sämtliche Puppen.

Im Gegensatz zur Larvalentwicklung erfolgt die Entwicklung der Puppe auch bei Licht.

7.4 Imaginaldauer - Temperatur (Luftfeuchtigkeit)

Abb.32 zeigt die Lebensdauer der Imagines in Abhängigkeit von der Temperatur.

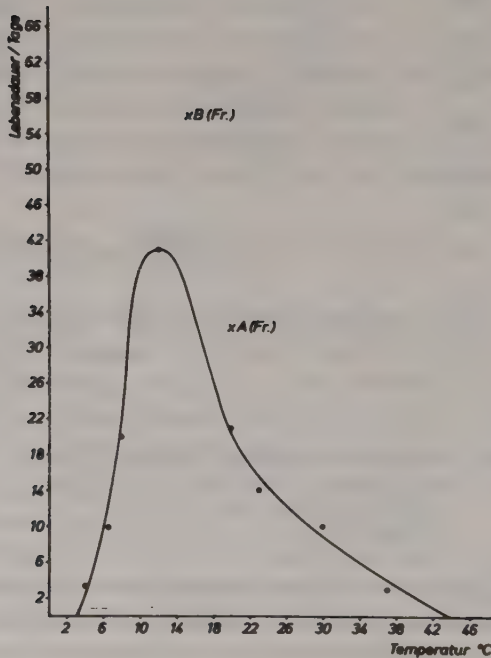


Abb.32: Imaginaldauer - Temperatur

Die Werte der konstanten Labortemperaturen unterscheiden sich signifikant von den, bei 2 Freilandzuchten (alternierende Temperaturen), Gefundenen.

Während bei konstanter Labortemperatur von 20°C die mittlere Lebensdauer der Weibchen bei drei Wochen liegt, beträgt die mittlere Lebensdauer - errechnet aus alternierenden Freilandstemperaturen - bei gleicher Durchschnittstemperatur (20°C) 32 Tage, (siehe Abb. 32 Punkt A).

Punkt B (Abb. 32) zeigt das Ergebnis eines Freilandversuches bei dem ein, auf der Unterseite offenes Versuchsglas auf den feuchten, stets beschatteten Erdboden eines kühlen Hinterhofes gestellt wurde. Bei ausreichender Nahrungsversorgung und einer Durchschnittstemperatur von 15 - 16°C (relat. Luftf. ca. 90 %) betrug die mittlere Lebensdauer (N = 50) 56 Tage; Zwei Käfer (Weibchen) lebten 63 Tage.

Dieser Versuch beweist die große Resistenz der Käfer gegenüber länger andauernden, kühlen und feuchten Witterungsperioden, die sogar ausgesprochen lebensverlängernde Wirkung haben.

7.41 Imaginaldauer - Nahrungsqualität und -quantität

Durchgeführt wurden Versuche mit Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), Strobe (*Pinus strobus*), Nadeln der Weißkiefer (*Pinus silvestris*), unbenadelten Maitrieben von der Weißkiefer, sowie der O-Versuch mit frischen Maitrieben der Weißkiefer.

Die Zahl der angesetzten Käfer betrug je 50 männliche und weibliche Tiere. Durchgeführt wurden die Versuche bei einer konstanten Labortemperatur von 20°C.

Die durchschnittliche Lebensdauer unterschied sich bei den an Strobe, sowie unbenadelten Maitrieben der Weißkiefer angesetzten Imagines nicht vom O-Versuch (19 - 22 Tage).

Deutlich kürzer war die Lebensdauer bei alleiniger Verwendung von Kiefernadeln frischer Maitriebe. Die Käfer lebten durchschnittlich nur 13 - 17 Tage. Daraus geht hervor, daß die Nadeln, obwohl sie unter natürlichen Verhältnissen ebenfalls befressen werden, als alleinige Nahrungsgrundlage ungeeignet sind.

Der Versuch mit der Schwarzkiefer entspricht in seinen Ergebnissen dem reinem Hungerversuch. Die Käfer starben nach 2 - 4 Tagen ab.

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um die Lebensdauer der Weibchen. Die der Männchen, welche insgesamt wesentlich empfindlicher waren, lag um 30 - 50 % niedriger.

7.42

Nahrungsaufnahme und Kopulation - Temperatur, Licht, (Tagesperiodig)

Bei konstanter Temperatur zeigte die Nahrungsaufnahme keine Abhängigkeit vom Licht. Käfer, die im Dauerdunkel gehalten wurden, erzeugten bei gleicher Temperatur und Zeiteinheit, die gleiche Kotmenge wie Tiere, die sich in alternierenden Lichtverhältnissen befanden. Die absolute Nahrungsmenge ist daher nur von der Temperatur abhängig.

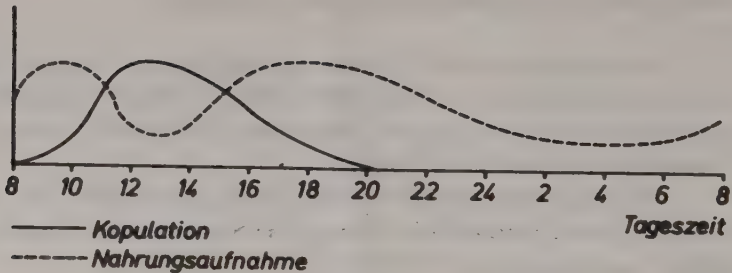


Abb.33: Tagesgang der Kopulation und Nahrungsaufnahme (durchschnittlicher, sonniger Julitag)

Die Nahrungsaufnahme beginnt bei ca. 9 - 10°C und dauert

bis zu 34°C an. Das Maximum liegt bei $22 - 24^{\circ}\text{C}$; die Kopulation hingegen zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Licht und Tagesgang.

Im Labor konnten bei Dauerdunkelheit keine Kopulationstätigkeiten festgestellt werden.

Im Freiland (Abb. 33) läßt sich eine eindeutige Tagesperiodizität der Kopulation, wie Nahrungsaufnahme beobachten.

Vom späten Vormittag bis in den frühen Nachmittag hinein sinkt die Nahrungsaufnahme ab.

Die Kopulation erreicht in den Mittagsstunden ihr Maximum, in den Morgen- Abend- und Nachtstunden ihr Minimum.

In gleichen Zeiteinheiten konnten in der Mittagsstunde (12 - 1) die 6 - 7-fache Menge kopulierender Paare gefangen werden, wie in der Zeit von 8.30 - 9.30 Uhr. Die Mittagsdelle der Nahrungsaufnahme wurde bewußt schwach ausgeprägt gezeichnet, da teilweise beobachtet werden konnte, daß kopulierende Weibchen noch Nahrung aufnehmen.

7.43 Eiablage - Temperatur

Abb. 34 zeigt die Eiablage in Abhängigkeit von der Temperatur.

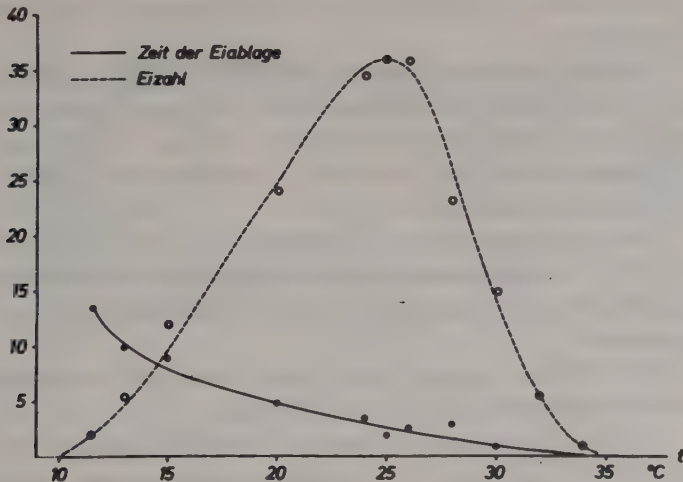


Abb. 34: Dauer der Eiablage und Eizahl in Abhängigkeit von der Temp.

Wie erwähnt, ist ein feuchtes ("frisches") Ablagesubstrat unbedingt erforderlich um zu verlässigen Ergebnissen zu gelangen. Die Luftfeuchtigkeit im Versuchsgefäß selbst hatte keinen Einfluß auf die Eiablage.

Die für den jeweiligen Temperaturbereich benötigte Ablagezeit schwankte, besonders bei niedrigen Temperaturen, innerhalb relativ weiter Grenzen. So zog sich zum Beispiel die Ablage vereinzelter Eier bei 11 - 12°C durchschnittlich 11 - 14 Tage hin. Innerhalb des, für die Eiablage optimalen Temperaturbereiches von 24 - 26°C, dauerte die durchschnittliche Ablagezeit 2 - 3 Tage. Darüber hinaus und besonders bei Temperaturen über 30°C fand die nun stark reduzierte Eiablage entweder innerhalb kurzer Zeit oder überhaupt nicht mehr statt.

Verwendet wurden bei diesem Versuch nur Käfer, die in Laborzuchten geschlüpft waren. Von Freilandfängen stammendes Material wurde auf Grund der schwer zu beurteilenden Disposition (schon begonnene Eiablage etc.) nicht herangezogen.

7.44 Aktivitätsstufen der Imago

Abb. 35 zeigt die Abhängigkeit der Aktivitätsstufen der Imago von der Temperatur.

Um die gleiche Disposition zu haben, wurden die Käfer zwei Tage vor dem Versuch bei 18°C gehalten. Die Temperaturerhöhung bzw. -erniedrigung fand in einem Zeitraum von minimal 15 Minuten, maximal 4 Stunden statt. Das Schema der Aktivitätsstufen ist das gleiche, wie das in 7.21 verwendete.

Bei langsamer Temperaturerhöhung trat die Hitzestarre bei 45 - 45,5°C ein. Die Streuung war dabei gering. Von 60 Käfern fielen 3 bei 43°C, die restlichen 57 Individuen erst bei 45 - 46°C in Hitzestarre.

Die Schäden der schon nach 3 Minuten Dauer unterbrochenen Hitzestarre erwiesen sich als irreversibel.

Von den 14 überlebenden Käfern (23 %) nahm keiner mehr Nahrung auf. Die Tiere waren in ihren Bewegungen nun sehr langsam und starben innerhalb von 1 - 2 Tagen ab.

Bei einer Hitzestarredauer von 5 Minuten starben sämtliche

Imagines. Anders verhielt es sich bei der Kältestarre. Sie trat bei 3°C ein. Von 60 Käfern lebten nach einer Stunde noch 48 (78 %). Innerhalb eines Tages starben 6 Stück (12,5 %) ab. Der Rest (42 = 70 %) zeigte normales Verhalten (Nahrungsaufnahme, rasche Bewegung).

Bei 6°C war der Käfer gerade noch befähigt, sich von der Rückenlage wieder auf die Beine zu begeben.

Das phototaktische Verhalten blieb bis ca. 37°C positiv. Von $37 - 39^{\circ}\text{C}$ war es neutral; darüber hinaus wurde es ausgesprochen negativ. Sämtliche Käfer suchten nun die Unterseite von Ästen oder Nadeln auf, oder begaben sich auf den Boden des Versuchsgefäßes.

Die Flugfähigkeit war bis 42°C ausgeprägt vorhanden. Ab 37°C jedoch zeigte sie sich nicht mehr gerichtet. Die stärkste Flugtätigkeit (phototaktisch positiv) wurde im Bereich von $23 - 32^{\circ}\text{C}$ beobachtet.

Bei schneller Temperaturerhöhung bzw. -erniedrigung (innerhalb 10 min.) trat eine Einengung, sowohl der aktiven, wie auch vitalen Zone auf. Zur Hitzestarre kam es jetzt bereits bei 41°C , zur Kältestarre schon bei 6°C .

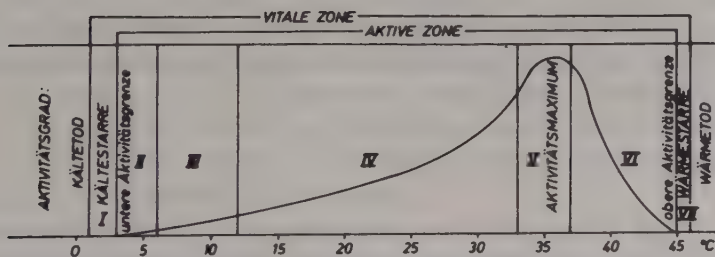


Abb. 35: Aktivitätsstufen der Imago in Abhängigkeit von der Temperatur. (siehe Schema der Aktivitätsstufen S.73)

8. POPULATIONÖKOLOGIE

8.1 Generationen

Die Generation von *Luperus pinicola* war stets einfach (univoltiner Generationszyklus). Es gelang auch nicht im Labor, unter optimalen Versuchsbedingungen, die Generation zu verdoppeln.

Auf Grund des zeitlich ziemlich genau fixierten Entwicklungsablaufes (siehe 6.4) sind die einzelnen Entwicklungsstadien als mehr oder minder uniätil anzusehen.

8.2 Dispersion im Bestand

8.21 Eier und Larven

Die Dispersion der Eier und besonders der Larven war in hohem Grade von der physikalischen Bodenbeschaffenheit sowie der Bodenfeuchtigkeit abhängig. Wie erwähnt, sucht das Weibchen zur Eiablage bereits lockere und frische Bodenpartien auf. Außerdem besitzt auch die Larve eine, im Versuch nachgewiesene, ausgeprägte positive Hygrotaxis, die es dem Tier ermöglicht, sich in den jeweiligen optimalen Feuchtigkeitsbereich zu begeben.

Die Verteilung der Eier und Larven ist daher, vor allem in Beständen mit variierenden Boden- und Feuchtigkeitsverhältnissen, ausgesprochen insular.

8.22 Imagines

Auf die vorstehend gekennzeichnete, oft flächenmäßig enge Begrenzung der Larven geht das, bevorzugt zu Beginn der Apparenz zu beobachtende, kleinflächige Auftreten der Imagines zurück; gefördert wird diese Erscheinung noch durch die geringe Vagilität der Käfer.

Bei fortschreitendem Ansteigen der Käferdichte verwischt sich dieses Bild, und die horizontale Verteilung im Bestand wird - gleichmäßige Bestandesbeschaffenheit (Dichte und Alter) vorausgesetzt - mehr oder weniger homogen.

In nicht geschlossenen, lückenhaften Beständen ist der Käfer-

besatz an freistehenden Bäumen wesentlich stärker, bedingt durch die dort günstigeren Lichtverhältnisse sowie die zahlreicheren feinrindigeren Maitriebe. Das hier Gesagte gilt auch für die Bestandsränder und oberen Baumpartien.

In vertikaler Richtung betrug die Käferdichte im oberen Drittel des befallenen Baumes in der Regel über 60 % der auf ihm vorkommenden Käfermenge. Bei enggestellten Kiefern verschob sich dieser Prozentsatz auf bis ca. 95 %.

8.3 Geschlechterverhältnis

Das Geschlechterverhältnis der Imagines war in den Untersuchungsjahren (1971, 72, 73, 74), abgesehen von geringfügigen Abweichungen von $\pm 2 - 3$ % ausgeglichen, sodaß sich ein Sexualindex (Anteil der Weibchen in der gleich 1 gesetzten Population; SCHWERTFEGER, 1968) von 0,5 ergab.

Lediglich am Ende der Apparenz (Ende Juli bis Anfang August) stieg der Sexualindex, bedingt durch die sexualdifferente Mortalität, auf 0,8 - 0,9.

8.4 Vermehrungsfähigkeit

Eine unterschiedliche Eizahl, bei der als Hauptnahrung in Betracht kommenden Weißkiefer (*Pinus silvestris*) und Strobe (*Pinus strobus*) konnte nicht festgestellt werden.

Bedingt durch die relativ geringe durchschnittliche Eizahl (ca. 30) ist das, die Vermehrungsfähigkeit zahlenmäßig ausdrückende Vermehrungspotential nicht groß.

8.5 Umweltwiderstände und deren Abundanzbeeinflussung

8.51 Imago: Als Prädatoren des Kiefernblattkäfers werden in der Literatur nur Vögel, wie Rotkehlchen und Heckenbraunelle genannt (VIETINGHOFF-RIESCH, 1925). Selbstverständlich kommen wesentlich mehr Vogelarten in Betracht, die hier aber nicht alle aufgezählt werden sollen. Zusammenfassend kann jedoch gesagt werden, daß in Kiefernreinbeständen die Art- wie Individuendichte der Vögel zu gering ist, um ihnen hin-

sichtlich der Beeinflussung der Käferabundanz eine größere Rolle zuzuerkennen.

Ähnliches gilt für die Spinnen. Diese traten in den von mir untersuchten Kiefernkulturen im Vergleich zum Käferbefall in einer verschwindend geringen Dichte auf. Außerdem handelte es sich ganz überwiegend um kleinere Arten von wenigen mm Körperlänge, insbesondere aus den Familien der Krabbenspinnen (Thomisidae) und Radnetzspinnen (Araneidae), von denen ich, wenn überhaupt, nur den letzteren geringfügige Bedeutung zugestehen möchte.

Von den Vertretern fakultativ saugender Ektoparasiten trat als einziger, in wenigen Fällen, nur eine kleine rote Milbe (*Lep-tus phalangii* Deg.) auf, die für den Käfer eher eine Belästigung als eine Vernichtungsgefahr sein dürfte.

Larven von Schlupfwespen (Ichneumoniden) oder Schmarotzerfliegen (Tachiniden) wurden in keiner von den vielen hundert geöffneten Imagines gefunden. Die Käfer scheinen also von Widersachern dieser Art verschont zu sein.

Die Widerstandskraft der Imagines gegen abiotische Umwelteinflüsse ist, wie aus 7.4 ersichtlich, im Rahmen der unter natürlichen Umweltsbedingungen gegebenen Verhältnissen relativ groß. Trotzdem ist anzunehmen, daß die Hauptlimitationsfaktoren des Imaginalstadiums die Witterungsfaktoren sind. Obwohl kühles und feuchtes Wetter primär lebensverlängernd wirken (siehe 7.4), wird dadurch doch die Eireifung verzögert sowie die Kopulationsbereitschaft und Eiablage reduziert.

Ein Einfluß von Pathogenen auf die Abundanzdynamik der Imaginalpopulation konnte nicht festgestellt werden.

8.52 Larve

Die Umweltwiderstände, biotischer wie abiotischer Natur, wirken sich auf die Larven stärker aus als auf die Imagines.

Als Prädatoren der Larven kommen vor allem Tausendfüßler (Geophilomorpha) sowie Ameisen (Formicidae) in Betracht. Erstere wurden bei der Larvensuche, insbesondere im Frühjahr, stets gefunden; letztere waren während der ganzen Vegetationsperiode in der Bodenstreu häufig anzutreffen. In der näheren Umgebung von gehäuftem Ameisen-vorkommen war die Larvensuche fast stets ergebnislos.

Unter den abiotischen Umweltseinflüssen dürften sich sowohl naßkalte als auch sehr trockene Witterungsperioden während des Sommers am stärksten auswirken. Besonders die Eilarve zeigt eine, im Versuch nachgewiesene, große Empfindlichkeit gegenüber Nässe und Trockenheit. Sämtliche Larven starben im Labor in sehr nassem oder sehr trockenem Erdboden innerhalb weniger Tage ab.

In erster Linie dürfte daher länger anhaltende, naßkalte Witterung, während der Apparenz der Eilarve (Juli bis August), die Imaginaldichte der folgenden Generation bestimmen. Wintrekälte reduziert den Larvenbestand wenig (siehe 7.2). Die Larvenzahlen des Frühjahrs (gewonnen aus vergleichbaren, gleichgroßen Flächeneinheiten) waren verglichen mit denen des Herbstes nur um 3 - 4 % geringer.

8.53 PUPPE

Die im Freiland gefundene Puppe zeigte stets gesundes Aussehen und schlüpfte, ausreichende Feuchtigkeit (mindestens 90 % relat. Luftfeuchte) vorausgesetzt, fast ausnahmslos.

Pathogene oder Parasiten (schützende Puppenwiege) wurden nicht festgestellt.

Inwieweit in natürlicher Umgebung die Trockenheit zum Absterben der Puppen führt, ist schwer zu beurteilen. Trockenheitsschäden aufweisendes Material, gekennzeichnet etwa durch Eindellung der Kopfkapsel, wurde bei Freilandsuche nie gefunden.

Als Räuber der Luperus-Puppen müssen die gleichen Arthropoden wie bei den Larven angenommen werden.

8.54 Ei

Bei den Eiern ist, besonders in den ersten Tagen nach der Eiablage, die Trockenheit der größte Mortalitätsfaktor. Feuchtigkeit schadet dem Ei wenig (siehe 7.1). Der Widerstand gegen Verpilzung ist groß.

Über eventuelle Parasitierung sowie Dezimierung durch Fressende Prädatoren (die sicher vorhanden sind) können keine Angaben gemacht werden; Eier wurden im Freiland wegen ihrer geringen

Größe und versteckten Lage am Erdboden nie gefunden.

8.55 Abundanzänderung während der Beobachtungsjahre

Da bei Ei, Larve und Puppe wegen ihrer versteckten Lebensweise im Erdboden auf Naturbeobachtung beruhende Angaben zur Abundanzänderung entweder ganz unmöglich (Ei, 1., 2. Larvenstadium), oder zumindest äußerst schwierig sind (4., 5. Larvenstadium, Puppenstadium), beschränken sich die folgenden Angaben auf die Imagines.

Gewonnen wurden die Vergleichswerte durch wöchentlich einmaliges Auszählen der Imagines an 30, ursprünglich (1971) ca. ein Meter hohen, markierten Kiefern einer Fläche von 50 x 50 Meter.

Die Dichteänderung der Imagines innerhalb der Apparenz (Schwankungsbreite: Ende Mai bis Anfang August, Hauptzeit Juni und Juli) entspricht in etwa einer Gauß'schen Verteilungskurve. Die Kulmination der Dichte ergab sich stets in der letzten Juni- und ersten Juliwoche.

Die mittlere Zahl der Individuen (N = 30 Bäume) beträgt. Ende Juni, zur Zeit der größten Dichte:

1971 - 183 Imagines

1972 - 201 "

1973 - 176 "

1974 - 194 "

Aus vorstehenden Zahlen ergibt sich, daß die untersuchten Kiefernkulturen in den 4 Jahren einen ziemlich konstanten Befall aufwiesen.

Nach der Fluktuationstypenklassifikation von SCHWERTFEGER (1968) handelt es sich hierbei also um einen "permanenten Fluktuationstyp" dh. die Art kommt nahezu dauernd in hoher, auffälliger bzw. schädlicher Individuendichte vor.

8.56 Zusammenfassung

Aus den vorstehenden Ergebnissen lässt sich ableiten, daß die Dichte von *Luperus pinicola* in erster Linie von den auf die Eier, Larven und Puppen während der Vegetationsperiode einwirkenden Regulationsfaktoren bestimmt wird. In besonderer Weise gilt das

hier Gesagte für das Ei- und 1. Larvenstadium. Das in der Regel überwinternde 5. Larvenstadium sowie das Imaginalstadium zeigen in natürlicher Umgebung eine geringere Gefährdung durch biotische wie abiotische Umwelteinflüsse. Als Regulationsfaktoren kommt den abiotischen Faktoren zweifellos eine größere Bedeutung zu, als den biotischen.

9.

BEKÄMPFUNG

SCHWENKE (1966) empfahl in Befallsherden im nördlichen Oberbayern und Unterfranken die Bekämpfung der Imagines zu Beginn des Reife-
fraßes, was bei der damals noch gestatteten Verwendung von DDT-Präparaten mit Langzeitwirkung sinnvoll war.

Spezielle Bekämpfungserfahrungen mit den heute gängigen Begiftungsmitteln liegen bisher noch nicht vor. Da die Entwicklungstendenz der modernen Insektizide auf kurzzeitig wirkende, rasch zerfallende Gifte hinzielt, halte ich eine etwaige Begiftung zu Beginn der Käferdichtekulmination, Ende Juni, für am wirksamsten. Die frühgeschlüpften Käfer sind dann kurz vor der Eiablage, die Spätgeschlüpften erscheinen gerade. Der Nachteil des, bis zu diesem Zeitpunkt erfolgten Reife-
fraßes, muß dabei allerdings in Kauf genommen werden. Die Begiftung zu Beginn der Apparenz, mit etwas länger wirkenden Giften (Wirkstoffe: Lindan, Endosulfan) halte ich für nicht günstig, da eine Dauerwirkung des Giftes von 4 - 5 Wochen fraglich ist.

Eine zweimalige Bekämpfung mit einem Kurzzeitmittel - Mitte Juni und Mitte Juli - wäre sicher das Optimale, ist jedoch eine Zeit- und Geldfrage sowie biozönotisch ungünstig.

Bisher wurde der Schädling selten bekämpft, was m.E. auf einer Unterschätzung, oder dem zu spätem Erkennen des Schadens beruht.

Während meiner Tätigkeitszeit wandten sich verschiedene Forstdienststellen mit Bekämpfungsfragen an das hiesige Institut. Dies geschah stets Ende Juli. Die befallenen Triebe zeigen zu dieser Zeit die stärkste, rotbraune Verfärbung. Da diese, optisch oft weithin sichtbare Schadwirkung, der tatsächlichen jedoch erheblich nachhinkt, und sich außerdem die Apparenz der Käfer jetzt dem Ende zuneigt, ist es für eine Bekämpfung in diesem Jahr zu spät.

Befallene Bestände sollten im Folgejahr genau beobachtet wer-

den. 23 - 26 Tage nach dem Auftreten der ersten Käfer sollte bei Massenbefall die Begiftung erfolgen.

Eine Prophylaxe mit waldbaulichen Mitteln scheint in Kiefernreinbeständen aus folgenden Gründen nur im beschränkten Maße möglich:

1. Durch ein Engstellen der Bäume wird der Befall nur auf die obersten Astquirle verschoben.
2. Unterschiedliche Provinienzen und Standortsformen werden, wenn überhaupt, nur in gemischten Beständen unterschiedlich befallen.
3. Ein verstärkter Anbau der resistenten Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) bringt Probleme technischer Art (Starkästigkeit, Grobrindigkeit) mit sich.

Wenn möglich sollte in Luperus-Befallslagen ein Mischbestand, etwa Kiefer, Fichte, Laubholz (Kie. 0,2) angestrebt werden. In einem solchen verhielt sich die durchschnittliche Befallsstärke der Einzelkiefer, verglichen mit Durchschnittswerten von Kiefernreinbeständen wie 7 : 100. Dies beruht auch darauf, daß der lichtbedürftigen Kiefer zwischengestellte oder unterstellte bodenbeschattende Baumarten für die bodenbewohnenden Larven ungünstige Verhältnisse (Fehlen von Graswuchs) bewirken.

0. ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabe der Arbeit war es, nähere Kenntnisse über die Morphologie, Biologie und Ökologie einer, zumindest in jüngerer Zeit, häufig auftretenden Chrysomelidenart (Schwarzbrauner Kiefernblattkäfer, *Luperus pinicola* (Duft.)) zu gewinnen.

Morphologie: Hier waren die präimaginalen Entwicklungsstadien (Ei, Larve und Puppe) bisher unbekannt. Sie werden beschrieben und abgebildet.

Der Habitus der männlichen und weiblichen Imago, ihre phänotypische Differenzierungen sowie ihre wichtigsten morphologischen Merkmale, einschließlich der Genitalorgane, werden dargestellt.

Biologie: Aus Freilandbeobachtungen und Laborzuchten ergibt sich: Ei, Larve und Puppe leben in den obersten, 2 - 25 mm tiefen Schichten des Bestandsbodens. Die Imago lebt auf den Maitrieben der Kiefer. Anfang Juni (selten schon Ende Mai) erschienen die ersten, Anfang Juli die letzten Imagines.

Die Nahrung der Käfer (4-wöchiger Reifefraß der Weibchen geringerer, 2 bis 3 wöchiger Reifefraß der Männchen) bestand ausschließlich aus den Nadeln sowie der Epidermis diesjähriger Maitriebe.

Befallen wurden Weißkiefer (*Pinus silvestris*), Strobe (*Pinus strobus*) und Spirke (*Pinus montana* v. *uncinata*). Als resistent erwies sich die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*).

Die Paarung - in lockerem Körperversand, bei geringer Dauer - wurde mehrmals wiederholt.

Die 3 - 5 Tage dauernde Eiablage (durchschnittliche Eizahl 29 - 30, max. 42) fand in mehreren Schüben am Erdboden statt.

Die innerhalb von 2 - 3 Wochen schlüpfenden Larven ernährten sich von den feinen Spitzen der Graswurzeln, niemals von Kiefernwurzeln. Die Larven bilden in der

Regel 5 Stadien (spätgeschlüpfte Larven nur 4 Stadien) aus. Die Larven sind somit nicht schädlich. Mitte Oktober hörten die Larven mit ihrem Fraß auf, und überwinterten wenige Millimeter tief im Erdboden. Die im Mai bzw. Juni beobachtete Verpuppung war obligatorisch an eine Diapause (während der Überwinterung) des sich verpuppenden Larvenstadiums gebunden. Eine Umgehung der Diapause gelang im Labor nicht. Die Generation von *Luperus pinicola* war in allen 4 Untersuchungsjahren stets einfach.

Schaden: Merklicher, in Zuwachsverlusten, Triebverkrümmungen und Schlangenzuwachs bestehender Schaden trat nur auf 4 - 25 (maximal 30) -jährigen, Kiefern auf. Der Nadelverlust der Maitriebe betrug bis zu 95 %. In geringerem Maße wurden jedoch Kiefern auch bis zu hohem Alter befallen.

Der Imaginalfraß hörte Anfang August (Ende der Apparenz) auf. Der Rest der Vegetationsperiode steht der Kiefer zu einer gewissen Reconvaleszenz zur Verfügung. Todfraß durch *Luperus pinicola* wurde nicht festgestellt.

Ökologie: Die Dauer des Ei-, Puppen-, Larven- und Imaginalstadiums wird in Abhängigkeit von Labortemperaturen und Feuchtigkeit sowie der Tagesmittel der Freilandtemperaturen angegeben. Die Aktivitätsstufen der Larve und Imago werden dargestellt; die vitale Zone der Larve war, bedingt durch deren Kälteresistenz größer als die der Imago. Die Lebensdauer der Imago war bei ausschließlicher Ernährung mit Kiefernadeln geringer als bei Fütterung mit dem benadelten Trieb (Nadel- und Epidermisfraß). Eine unterschiedliche Lebensdauer, bei Fütterung mit Strobe oder Weißkiefer bestand nicht. Nahrungsaufnahme und Kopulation zeigten im Freiland eine Tagesperiodik; erstere ist nur temperaturbedingt, zweite temperatur- und lichtbedingt. Die Eiablagebereitschaft zeigte eine Abhängigkeit von

der Lufttemperatur (nicht Luftfeuchtigkeit). Für die Ablage der Eier von ausschlaggebender Bedeutung war jedoch ein Mindestmaß an Feuchtigkeit des Ablagesubstrates.

Populationsökologie: Die Verteilung der Imagines war im geschlossenen Bestand homogen. Die obersten Astquirlen wurden hier bevorzugt befallen.

Im lückigen Bestand konzentrierte sich der Befall auf einzelne freistehende Bäume.

An den Bestandsrändern war die Befalldichte stets größer als im Bestandsinneren.

In den befallenen Beständen zeigte der Käfer ein langjähriges, konstantes Auftreten (Dauerschäden). Erst mit zunehmendem Alter der Bäume (älter als 25 Jahre) geht die Befalldichte wieder zurück.

Die Dichte der Folgegeneration ergibt sich hauptsächlich aus der Mortalität des empfindlichen Ei- bzw. 1. Larvenstadiums.

Die Mortalität der überwinternden Larve war gering. Das gleiche gilt für die Imagines, die nur von einigen nicht sehr effektiven Prädatoren (Vögel, Spinnen) dezimiert werden. Endoparasiten sowie Pathogene konnten nicht festgestellt werden.

Als Hauptregulationsfaktor der Population ist die auf die Eier und Larven wirkende Bodenfeuchtigkeit anzusehen.

Bekämpfung:

Etwaige Bekämpfungsmaßnahmen werden am besten knapp 4 Wochen nach dem Auftreten der ersten Imagines (Ende Juni) mit einem der üblichen kurzzeitig wirkenden Insektizide (flüssig) durchgeführt. Eine waldbauliche Prophylaxe erscheint in der Begründung von Mischbeständen mit bodenbeschattenden, der Kiefer untergestellten Baumarten möglich. Das dadurch unterbundene Aufkommen von Graswuchs beraubt die Larve ihrer Lebensgrundlage.

L I T E R A T U R

- Altum, B., 1974: Forstzoologie 3; Insekten. Berlin.
- Andersch, J., 1797: Entomologische Bemerkungen. Hoppe's Entom.Taschenbuch.
- Auersch, O., 1961: Zur Kenntnis des Rübenderbrusslers. Z. ang. Ent. 49
- Böving, A.G., 1931: An illustrated Synopsis of the principal forms of the order of Coleoptera. Entomologica Americana. Nov - Dec 1931.
- Dankelmann, (-), 1880: Zeitschrift für Forst und Jagdwesen. 639.
- Duftschmied, C., 1825: Fauna Austriaca. Linz und Leipzig.
- Eckstein, K., 1893: Die Kiefer und ihre tierischen Schädlinge. Tafel 11, Figur 1 - 5. 15.
- Eidmann, H.; Kühlhorn, F., 1970: Lehrbuch der Entomologie. Hamburg und Berlin: Paul Parey.
- Elias, (-), 1880: Jahrbuch des schlesischen Forstvereins. 41.
- Erichson, W.S., 1893: Nat. Gesch. der Insekten Deutschl. Berlin 1893.
- Escherich, K., 1923: Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. 2, 295. Berlin: Paul Parey.
- Freude, Harde, Lohse, 1966: Die Käfer Mitteleuropas, Bd. 9., 99.
- Geoffroy, E.L., 1762: Histoire abrégée des Insectes. Bd. 1/2.
- Hennig, W., 1938: Übersicht über die Larven der wichtigsten deutschen Chrysomelinen. Arbeiten über physiol. und angew. Ent.; Berlin - Dahlem.
- Henschel, G., 1861: Leitfaden zur leichteren Bestimmung der schädlichen Forstinsekten. 49. Wien.
- Horion, A., 1951: Verzeichnis der Käfer Mitteleuropas. 409. Stuttgart.
- Judeich, J.F.; Nietzsche H., 1895: Lehrbuch der mitteleurop. Forstinsektenkunde. 594.
- Kaszab, Z., 1962: Levelbogarak Chrysomelidae. Fauna Hungariae, pars 63.
- Kangas, E., 1931: Luperus pinicola on pines in Finland. Silva Fennica, no. 17 Helsingfors.
- 1958: Anz. Schädln. 31, 161 - 165.
- 1964: Jufo Symp. Oxford. Vol. 2.
- Keler, St.v., 1963: Entom. Wörterbuch. Berlin: Akademie-Verlag.
- Kreutz, W., 1943: Der Jahresgang der Temperatur in versch. Böden unter gleichen Witterungsverhältnissen. Sonderdr. aus: Z.f. angew. Met. 60. Jhrg.

- Laichartig, J.N. 1781: Verzeichnis und Beschreibung der Tyroler Insekten. Bd 1
 Linné, K.v., 1758: Systema naturae; Pandora Insectorum, 375, Upsala.
 Lehr- und Forschungsanstalt für Wein- Obst- und Gartenbau zu Gersheim,
 Bericht der...., 1931/32: *Luperus longicornis* an Obstbäumen.
 Lüdge, W., 1968: Untersuchungen über die Anfälligkeit versch. Kiefernarten
 gegen den Kieferntriebwickler und den Schwarzen Kiefern-
 blattkäfer. Allg. F. und Jagdz. 193 Jhrg. Heft 1, 1 - 12.
 Maisner, N., 1974: Die Forstschädlinge Europas, 238. Hamburg und Berlin.
 Paul Parey.
 Mallach, N., 1973: Zur Kenntnis der kleinen Kiefernbuschhornblattwespe, 406-
 409. Dis. München 1973. Sonderdr. aus Bd. 74 (1973) zur
 angew. Ent.
 Manhardt, (-), 1930: Ein neuer Obstbaumschädling: Int. ent. Z., 24, Nr. 36,
 pp. 385 - 386.
 Paterson, (-) 1931: Proc. Zool. Soc. London, 879 - 949. Siehe Hennig W. 1938.
 Ratzeburg, J., 1837: Die Forstinsekten 1. Teil: Die Käfer. Berlin: Nicol. Bh.
 Reiter, E., 1912: Die Käfer des deutsch. Reiches, 73. Stuttgart.
 Rozhkov, A. S., 1966: Pests of Sibirian Larch. Moskau.
 Schimitschek, E., 1962: Anz. Schäd. 35, 162 - 165.
 Schmidt, H., 1969: Zur Kenntnis der anantennalen Sensillen des Hausbock-
 käfers. Z. angew. Ent. 70, 113.
 Schubert, J., 1930: Das Verhalten des Bodens gegen Wärme. Sonderdr. aus:
 Handbuch der Bodenlehre. Berlin. J. Springer.
 Schwenke, W., 1966: Forstschädlingsprognose 1966 für Bayern. Allg. Fz.,
 282 - 284.
 Schwertfeger, F., 1968: Ökologie der Tiere. 2. Demökologie. Hamburg und
 Berlin: Paul Parey.
 1970: Die Waldkrankheiten. Hamburg und Berlin. P. Parey.
 Snodgrass, R.E., 1935: Principles of Insect Morphologie. New York, London.
 Sorauer, P., 1954: Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Bd. 5 Coleopt. Berlin
 und Hamburg. P. Parey.
 Taschenburg, E., 1874: Forstw. Insektenk., 204. Leipzig.
 Thiersch, E., 1829: Wieder ein schädliches Insekt mehr in unseren deutsch,
 Gebirgsforsten. Allg. F. u. Jagdz.
 1830: Die Forstkäfer. Stuttgart.
 Verhoeff, C., 1893: Vergleichende Untersuchungen über die Abdominalseg-
 mente und die Kopulationsorgane der männl. Coleopt.
 Deut. Ent. Z., 113 - 170, Tafel 1 - 4.

- Vietinghoff - Riesch, 1929: Beobachtungen an *Luperus pinicola*. Z. angew.
Ent. 11.
- Weber, H., 1933: Lehrb. d. Entom. Jena: G. Fischer.
- Weise, J., 1893: Nat. Gesch. d. Ins. Deutschl. Berlin.

Lebenslauf

Am 5. Juli 1943 wurde ich als zweites der fünf Kinder des Chirurgen Dr. med. Eduard Hiller und seiner Ehefrau Anneliese geb. Biechele in Eichstätt geboren. Seit 1944 wohnte ich in Dachau, wo ich die Volksschule besuchte und 1965 das Abitur an der Oberrealschule ablegte. Im Winterhalbjahr 1965/66 leistete ich im Forstamt Fürstenfeldbruck mein Forstpraktikum ab und begann anschließend das Studium der Forstwissenschaft (Universität München), das ich im Frühjahr 1970 beendete.

Am 25.4.1970 heiratete ich die Lehrerin Gisela Irmeler; Seither wohne ich in Holzkirchen. 1971 wurde uns eine Tochter und 1972 ein Sohn geboren.

Im Juli 1970 begann ich mit meiner Dissertationsarbeit, die ich im Dezember 1974 beendete.

Im Juni 1975 trat ich als Forstreferendar in den Staatsdienst ein.

Eduard Hiller

(Eduard Hiller)



